



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ**

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Συγκρίσεις για την ενεργειακή απόδοση κτιρίου

**Καζάντζας Παναγιώτης**

Επιβλέπουσα: Στέγγου – Σαγιά Αθηνά

ΑΘΗΝΑ 2018



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι αρχικά να εξετάσει τις ενεργειακές απαιτήσεις και καταναλώσεις ενός υφιστάμενου κτιρίου. Στη συνέχεια να αναλύσει διαφορετικές επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας αλλά και συνδυασμό αυτών. Ως μελέτη περίπτωσης επιλέχτηκε τετραόροφο κτίριο στο Περιστερί Αττικής κατασκευασμένο το 2004, το οποίο περιλαμβάνει ένα γραφείο στο ισόγειο και μία κατοικία στους υπόλοιπους ορόφους.

Με τη βοήθεια του λογισμικού TEE – Κ.Εν.Α.Κ. γίνεται αρχικά η ενεργειακή προσομοίωση του κτιρίου και στη συνέχεια εξετάζονται διάφορες επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας που αφορούν την αλλαγή κουφωμάτων, την αλλαγή συστήματος φωτισμού (για το γραφείο), την εισαγωγή Φ/Β συστήματος και την εισαγωγή θερμικού ηλιακού συστήματος (για την κατοικία), ενώ μελετώνται και συνδυασμοί κάποιων από τις παραπάνω επεμβάσεις.

Στη συνέχεια επιλέγεται το πρόγραμμα energy plus ώστε να μελετηθεί η επίδραση που θα έχει στις ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου η εισαγωγή τοίχων Trombe στο γραφείο. Σημειώνεται, ότι η αλλαγή του λογισμικού είναι αναγκαία, αφού το λογισμικό TEE – Κ.Εν.Α.Κ. δεν προσφέρει ακόμα τη δυνατότητα εκτέλεσης υπολογισμών για παθητικά ηλιακά συστήματα. Τέλος, επιχειρείται σύγκριση των ενεργειακών καταναλώσεων που προκύπτουν από την ενεργειακή προσομοίωση των δύο λογισμικών.

## ABSTRACT

The aim of the current thesis was to examine the energy demands and consumptions of the existing building. Subsequently, we aimed to analyze the different interventions of energy savings, as well as their combinations. As a case study, we selected a four-floor building, raised in 2004, at Peristeri, Attiki. This construction includes an office in the ground floor and a residence in the other floors.

With the assistance of the software TCG – Buildings Energy Efficiency Software, we initially implemented the energy simulation, and subsequently investigated the different interventions of energy savings, as far as concerns the changes of

doors/windows frames, the change of the lighting system (for the office) and the import of a photovoltaic and thermal solar system. Additionally, we examined the combinations of some of the above interventions.

The final step was to apply the “energy plus” program, in order to evaluate the influence of the Trombe walls importation to the office, as related to the energy consumptions. It must be noted that the change of the software is necessary, since the TCG – Buildings Energy Efficiency Software does not offer yet the possibility of executing computations for passive solar systems.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	6
1.1. Η κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια .....	6
1.2. Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια .....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΣΤΗΝ Ε.Ε. ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ .....	10
2.1. Η ευρωπαϊκή οδηγία 91/2002 .....	10
2.2. Ελλάδα: Εναρμόνιση με την κοινοτική οδηγία 91/2002 .....	10
2.3. Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.) .....	11
2.3.1. Το κτίριο αναφοράς και οι ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις .....	12
2.4. Το λογισμικό ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ. ....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟΥ .....	14
3.1. Παρουσίαση του κτιρίου και της θέσης του .....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ «ΤΕΕ-Κ.ΕΝ.Α.Κ.» .....	21
4.1. Εισαγωγή των δεδομένων του γραφείου στο πρόγραμμα .....	21
4.1.1. Εισαγωγή των γενικών στοιχείων .....	21
4.1.2. Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων .....	22
4.1.2.1. Υπολογισμοί συντελεστών θερμοπερατότητας U για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία του γραφείου .....	24
4.1.2.2. Συντελεστές σκίασης αδιαφανών δομικών στοιχείων .....	28
4.1.3. Διαφανείς επιφάνειες .....	28
4.1.3.1. Συντελεστές θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών .....	28
4.1.3.2. Συντελεστές σκίασης διαφανών επιφανειών .....	30
4.1.4. Συστήματα γραφείου .....	32
4.1.4.1. Σύστημα θέρμανσης .....	32
4.1.4.2. Σύστημα ψύξης .....	37
Παραγωγή .....	37
4.1.4.3. Μηχανικός αερισμός .....	39
4.1.4.4. Σύστημα φωτισμού .....	39
4.2. Εισαγωγή των δεδομένων για την κατοικία στο πρόγραμμα .....	40
4.2.1. Εισαγωγή των γενικών στοιχείων .....	40
4.2.2. Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων .....	42

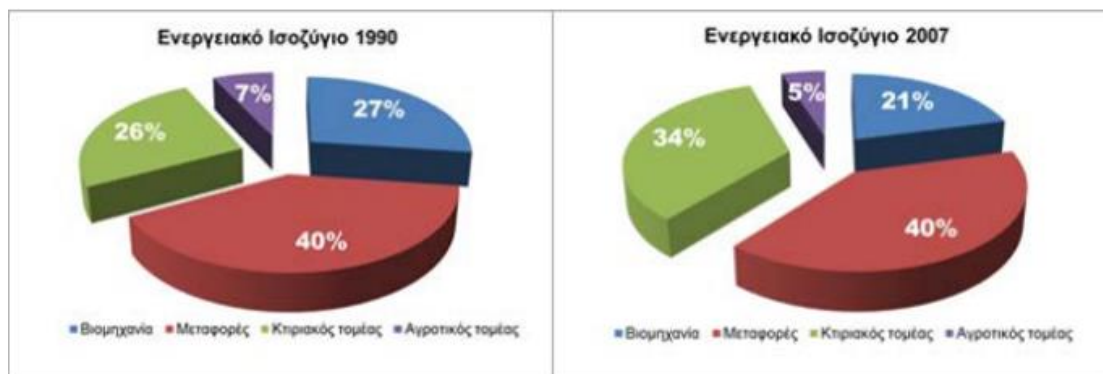
4.2.2.1. Υπολογισμοί συντελεστών θερμοπερατότητας U για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία της κατοικίας.....	42
4.2.2.2. Συντελεστές σκίασης αδιαφανών δομικών στοιχείων κατοικίας.....	44
4.2.3. Διαφανείς επιφάνειες κατοικίας.....	44
4.2.3.1. Συντελεστές θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών .....	44
4.2.3.2. Συντελεστές σκίασης για τις διαφανείς επιφάνειες της κατοικίας .....	45
4.2.4. Συστήματα κατοικίας .....	45
4.2.4.1. Σύστημα θέρμανσης.....	45
4.2.4.2. Σύστημα ψύξης .....	46
4.2.4.3. Συστήματα για ζεστό νερό χρήσης (Ζ.Ν.Χ.).....	46
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ «ΤΕΕ – Κ.Εν.Α.Κ.» .....</b>	<b>49</b>
5.1. Αποτελέσματα γραφείου .....	49
5.1.1. Ενεργειακές απαιτήσεις γραφείου .....	49
5.1.2. Ενεργειακές καταναλώσεις γραφείου .....	50
5.1.3. Ενεργειακή κατάταξη γραφείου.....	54
5.2. Αποτελέσματα κατοικίας .....	55
5.2.1. Ενεργειακές απαιτήσεις κατοικίας.....	55
5.2.2. Ενεργειακές καταναλώσεις κατοικίας.....	56
5.2.3. Ενεργειακή κατάταξη κατοικίας.....	60
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ .....</b>	<b>62</b>
6.1. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο γραφείο .....	62
6.1.1. Αντικατάσταση συστήματος φωτισμού .....	62
6.1.2. Αντικατάσταση κουφωμάτων .....	64
6.1.3. Παρέμβαση με φωτοβολταϊκό σύστημα .....	65
6.1.4. Συνδυασμός σεναρίου 1 και σεναρίου 3 .....	67
6.1.5. Συγκεντρωτικά στοιχεία για τις επεμβάσεις στο γραφείο.....	68
6.2. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας για την κατοικία .....	70
6.2.1. Επέμβαση με αλλαγή κουφωμάτων .....	70
6.2.2. Επέμβαση με αλλαγή κουφωμάτων και Φ/Β σύστημα .....	72
6.2.3. Επέμβαση με θερμικό ηλιακό σύστημα για υποβοήθηση θέρμανσης και παραγωγή ΖΝΧ .....	73
6.2.4. Συνδυασμός παρεμβάσεων με αλλαγή κουφωμάτων και εγκατάσταση θερμικού ηλιακού συστήματος για θέρμανση χώρων και παραγωγή ΖΝΧ.....	75

6.2.5. Συνδυασμός παρεμβάσεων με θερμικό ηλιακό σύστημα για παραγωγή ΖΝΧ και υποβοήθηση θέρμανσης και Φ/Β συστήματος .....	77
6.2.6. Συγκεντρωτικά στοιχεία για τις επεμβάσεις στην κατοικία.....	78
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ENERGY PLUS.....</b>	<b>81</b>
7.1. Το πρόγραμμα energy plus .....	81
7.2. Οι Κατηγορίες του IDF Editor .....	83
7.2.1. Κατηγορία Simulation Parameters .....	83
7.2.2. Κατηγορία Location and Climate.....	84
7.2.3. Κατηγορία Schedules.....	84
7.2.4. Κατηγορία Surface Construction Elements .....	87
7.2.5. Κατηγορία Thermal Zones and Surfaces .....	89
7.2.6. Κατηγορία Internal Gains .....	92
7.2.7. Κατηγορία HVAC Templates.....	93
7.2.8. Κατηγορία Water Heaters and Thermal Storage .....	96
7.3. Αποτελέσματα προσομοίωσης – Κατηγορία Output Reporting .....	96
7.4. Σύγκριση αποτελεσμάτων λογισμικού TEE K.Εν.Α.Κ. και αποτελεσμάτων energy plus .....	101
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΣΤΟ ΚΕΛΥΦΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΙΧΩΝ TROMBE .....</b>	<b>103</b>
8.1. Παθητικά ηλιακά συστήματα – Τοίχος Trombe.....	103
8.2. Επέμβαση με τοίχους Trombe στο γραφείο .....	104
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>108</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>111</b>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Η κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια

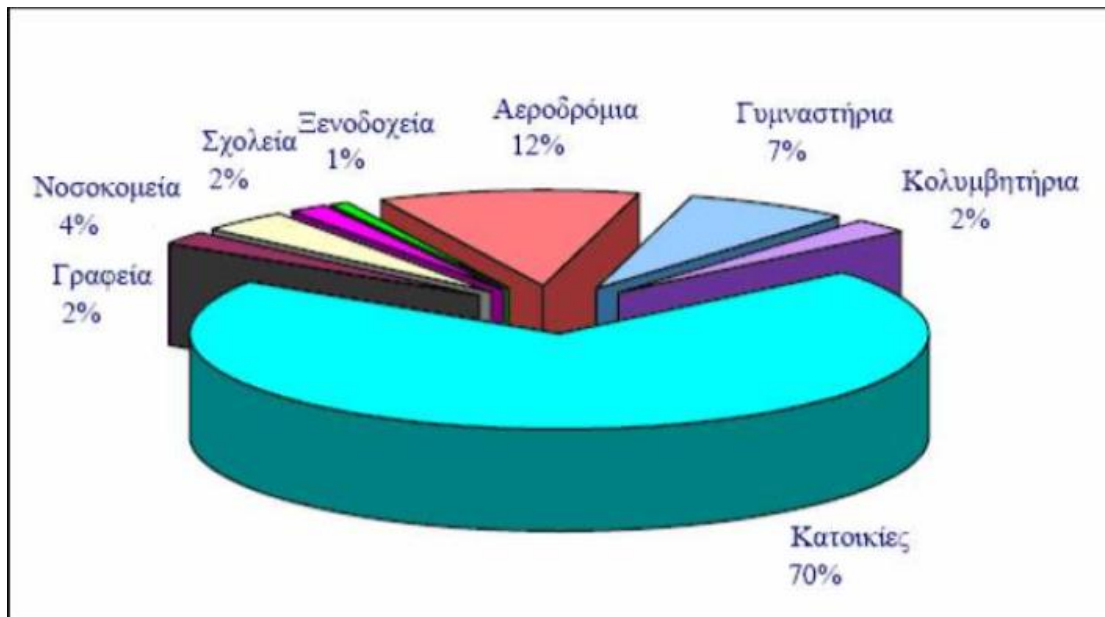
Τα ελληνικά κτίρια συμβάλλουν σε μεγάλο βαθμό στην κατανάλωση ενέργειας και στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου. Μάλιστα, το χαρακτηριστικό αυτό έχει αυξητικές τάσεις αφού το 2007 η συμμετοχή του κτιριακού τομέα στο ενεργειακό ισοζύγιο ανήλθε σε 34%, τη στιγμή που το 1990 βρισκόταν στο 26% και το 1980 μόλις στο 20% (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας [ΤΕΕ], 2011a).



Εικόνα 1.1: Κατανομή της τελικής κατανάλωσης ενέργειας στην Ελλάδα (ΥΠΕΚΑ 2011)

Το μεγαλύτερο ποσοστό της καταναλισκόμενης ενέργειας για τον κτιριακό τομέα προέρχεται από κτίρια κατοικιών (74% για το 2007), ενώ το υπόλοιπο από κτίρια του τριτογενούς τομέα εκτός γεωργικών χρήσεων (ΤΕΕ, 2011a). Σύμφωνα με στοιχεία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, ο κτιριακός τομέας στην Ελλάδα αποτελείται από κτίρια κατοικιών σε ποσοστό 70% , ενώ ο τριτογενής τομέας περιλαμβάνει το 30% όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα. Γίνεται λοιπόν σαφές ότι τα κτίρια των κατοικιών καταλαμβάνουν σημαντικό μερίδιο στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας (Κόρμπα, 2012).

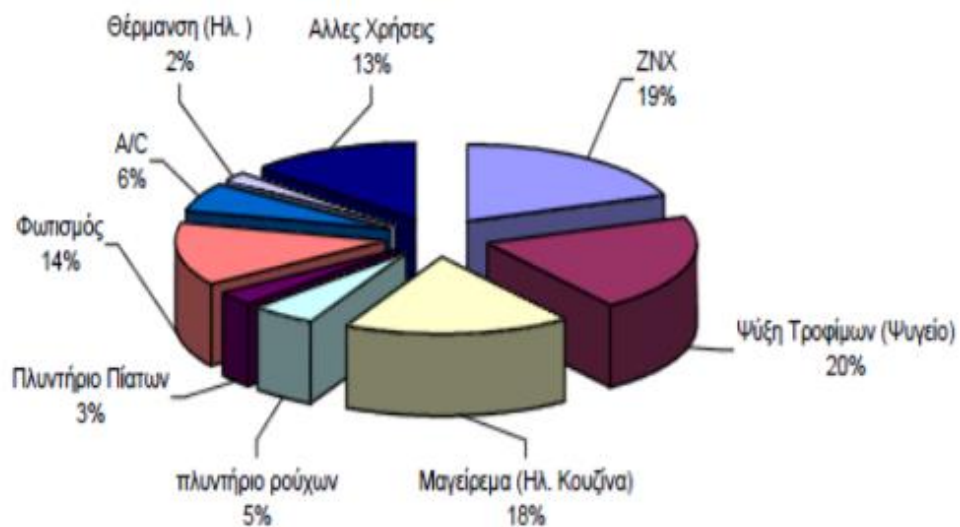




Εικόνα 1.2: Κατανομή των ελληνικών κτιρίων ανά χρήση. (Πηγή: Ομάδα εξοικονόμησης ενέργειας – Ινστιτούτο μελετών περιβάλλοντος και βιώσιμης ανάπτυξης)

Σύμφωνα με στοιχεία της Eurostat (όπως αναφέρεται στο Κόρμπα, 2012) τα ελληνικά κτίρια μπορούν να χαρακτηριστούν ως ιδιαίτερα ενεργοβόρα. Συγκεκριμένα, τα ελληνικά νοικοκυριά καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια από αυτά των μεσογειακών χωρών, αλλά και από αυτά βόρειων χωρών παρά το ηπιότερο κλίμα της χώρας μας.

Έτσι λοιπόν, ένα νοικοκυριό στην Ελλάδα καταναλώνει περίπου 17000 kWh το χρόνο. Από αυτό το ποσό ένα μέρος αφορά την ηλεκτρική κατανάλωση για μαγείρεμα, φωτισμό, κλιματισμό, ζεστό νερό χρήσης και άλλες ηλεκτρικές συσκευές. Στο παρακάτω διάγραμμα του Υπουργείου Ανάπτυξης φαίνεται αναλυτικά η κατανομή της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε μια κατοικία (Κόρμπα, 2012).



Εικόνα 1.3: Ανάλυση τελικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στον οικιακό τομέα (Πηγή: Ελληνικό σχέδιο δράσης ενεργειακής απόδοσης, ΥΠΑΝ, 2008)

Το μεγαλύτερο ποσοστό της ενέργειας όμως, καταναλώνεται για λόγους θέρμανσης. Η μέση κατανάλωση για το σκοπό αυτό αντιστοιχεί περίπου στο 60% του συνολικού φορτίου ενός ελληνικού νοικοκυριού. Η πλειοψηφία των κατοικιών διαθέτει αυτόνομο σύστημα θέρμανσης, ενώ ένα μικρότερο ποσοστό διαθέτει κεντρικό σύστημα (Κόρμπα, 2012).

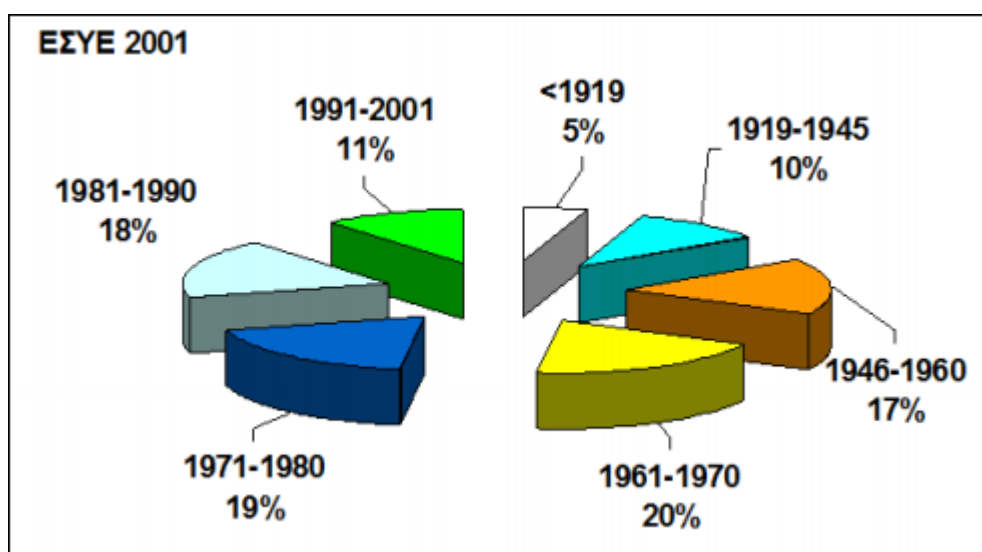
Εδώ θα πρέπει να τονιστεί και ο ρόλος της θερμομόνωσης. Ένα καλά θερμομονωμένο κτίριο καταναλώνει λιγότερη ενέργεια σε σχέση με ένα που είναι ελλιπώς θερμομονωμένο. Αυτό βέβαια είναι συνάρτηση του έτους κατασκευής του κτιρίου. Πολλά κτίρια κατασκευασμένα πριν το 1980 (χρονιά εφαρμογής του Κανονισμού Θερμομόνωσης Κτιρίων) δεν έχουν καθόλου μόνωση. Στον αντίποδα, κτίρια κατασκευασμένα μετά το 2010 (χρονιά εφαρμογής του Κ.Εν.Α.Κ.) έχουν πολύ καλή μόνωση με αποτέλεσμα να μειώνουν την κατανάλωση ενέργειας για θέρμανση και ψύξη (ΤΕΕ, 2011α).

Κλείνοντας την ενότητα αυτή αξίζει να αναφέρουμε ότι οι τάσεις που αφορούν την κατανάλωση ενέργειας στα ελληνικά κτίρια είναι αυξητικές. Ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης ενέργειας στα ελληνικά κτίρια, την εικοσαετία 1985-2005 ήταν 4,5%, τη στιγμή που ο ρυθμός αύξησης της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας της χώρας ήταν 3% . Αντίστοιχα, την περίοδο 2000-2007 ο μέσος ρυθμός αύξησης στα κτίρια ήταν 2,8% σε σχέση με 1,8% της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Είναι επομένως σαφές ότι αυτοί οι ρυθμοί αύξησης δεν συμβαδίζουν με τις δεσμεύσεις που έχει αναλάβει η χώρα μας στα πλαίσια των διεθνών οργανισμών (ΤΕΕ, 2011α).

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω γίνεται κατανοητό γιατί είναι επιτακτική η ανάγκη βελτίωσης της ενεργειακής συμπεριφοράς των ελληνικών κτιρίων με σκοπό τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO<sub>2</sub>.

## 1.2. Εξοικονόμηση ενέργειας στα κτίρια

Ωστόσο τα ελληνικά κτίρια παρουσιάζουν πολλές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας. Αρκεί να αναλογιστεί κανείς ότι σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία περίπου το 71% των ελληνικών κτιρίων κατασκευάστηκαν πριν το 1980. Όπως αναφέραμε παραπάνω, αυτό σημαίνει ότι διαθέτουν ανεπαρκή θερμομόνωση αλλά και παλιές Η/Μ εγκαταστάσεις (ΤΕΕ, 2011α).



Εικόνα 1.4: Κατανομή των ελληνικών κτιρίων ανά χρονολογία κατασκευής για το 2001 (Πηγή: Ελληνική Στατιστική Αρχή)

Αν επομένως δοθεί βαρύτητα στην επαρκή θερμομονωτική προστασία, στις τεχνολογίες ΑΠΕ, σε ηλεκτρομηχανολογικά συστήματα με υψηλή ενεργειακή απόδοση και σε τεχνολογίες διατάξεων αυτομάτου ελέγχου και διαχείρισης ενέργειας (BEMS) για κτιριακές εγκαταστάσεις θα μπορούσαμε να μειώσουμε την κατανάλωση ενέργειας ακόμα και κατά 50% (ΤΕΕ, 2011α).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΣΤΗΝ Ε.Ε. ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ**

### **2.1. Η ευρωπαϊκή οδηγία 91/2002**

Η κλιματική αλλαγή, κάνει επιτακτική την ανάγκη λήψης μέτρων ενεργειακής εξοικονόμησης και μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub>. Στο πλαίσιο αυτό η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε την κοινοτική οδηγία 91/2002 που αφορούσε την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων. Τα κράτη μέλη έπρεπε να την θέσουν σε εφαρμογή μέχρι τον Ιανουάριο του 2006. Η Ελλάδα την εναρμόνισε με την νομοθεσία της με τον νόμο 3661/2008 (ΤΕΕ, 2011b).

Η οδηγία προέβλεπε (ΤΕΕ, 2011b) :

- Την έκδοση πιστοποιητικού για την ενεργειακή απόδοση των κτιρίων
- Τον καθορισμό ελάχιστων ενεργειακών απαιτήσεων για τα νέα κτίρια
- Την πραγματοποίηση προτάσεων για την βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης
- Την τακτική επιθεώρηση του Η/Μ εξοπλισμού

Ωστόσο, η οδηγία δεν έθετε ένα ενιαίο πλαίσιο υπολογισμού για την ενεργειακή απόδοση την οποία θα όφειλαν τα κράτη μέλη να ακολουθήσουν. Αντίθετα η διαδικασία θα μπορούσε να αλλάζει σε τοπικό επίπεδο. Σε κάθε περίπτωση όμως θα έπρεπε να λαμβάνει υπόψη παράγοντες όπως η θερμομόνωση του κτιρίου, οι εγκαταστάσεις θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού, η εφαρμογή ΑΠΕ και ο σχεδιασμός του κτιρίου (Οδηγία 2002/91/ΕΚ).

Αξίζει να σημειωθεί πως η οδηγία 91/2002 αναθεωρήθηκε με την οδηγία 31/2010. Βάσει του άρθρου 28 τα κράτη μέλη έπρεπε να έχουν εναρμονιστεί μέχρι 9<sup>η</sup> Ιουλίου 2012. Στην αναθεώρηση αυτή υπάρχουν αρκετές αλλαγές και υποχρεώσεις μεταξύ των οποίων η απαίτηση όλα τα νέα κτίρια που κατασκευάζονται από την 31<sup>η</sup> Δεκεμβρίου 2020 και μετά να είναι σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης (ΤΕΕ, 2011b).

### **2.2. Ελλάδα: Εναρμόνιση με την κοινοτική οδηγία 91/2002**

Για την εναρμόνιση με την κοινοτική οδηγία 91/2002 το ελληνικό κράτος εξέδωσε τον νόμο 3661/2008, με σκοπό οι διατάξεις του να εφαρμοστούν σε κτίρια κατοικιών και σε κτίρια του τριτογενούς τομέα . Οι βασικότερες ρυθμίσεις που προβλέπει ο νόμος όπως αυτές αναφέρονται στο (ΤΕΕ, 2011b) είναι:

- Η δημιουργία του Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.).
- Η θέσπιση ελάχιστων ορίων ενεργειακής απόδοσης για κάθε νεόδμητο κτίριο. Επίσης και για μεγάλα υφιστάμενα (άνω των 1000m<sup>2</sup>) που ανακαινίζονται ριζικώς.
- Η σύνταξη ενεργειακής μελέτης για όλα τα καινούργια κτίρια και τα υφιστάμενα άνω των 1000m<sup>2</sup> που ανακαινίζονται ριζικώς.
- Η έκδοση πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης (Π.Ε.Α.) για όλα τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια. Το πιστοποιητικό πρέπει επίσης να εκδίδεται και σε περίπτωση αγοροπωλησίας ή μίσθωσης.
- Η τακτική επιθεώρηση των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων του κτιρίου.

### **2.3. Ο Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (Κ.Εν.Α.Κ.)**

Ειδική αναφορά αξίζει να γίνει στον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων ο οποίος εκδόθηκε τον Απρίλιο του 2010. Βασικοί άξονες του Κ.Εν.Α.Κ. είναι (ΤΕΕ, 2011b) :

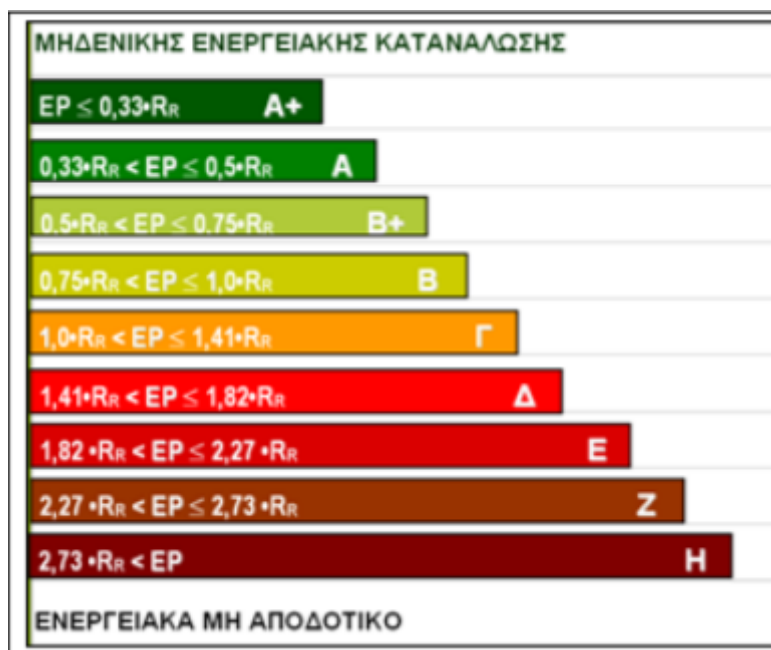
- Βάσει ευρωπαϊκών προτύπων, ο καθορισμός της μεθοδολογίας υπολογισμού της ενεργειακής απόδοσης και ενεργειακής κατάταξης των κτιρίων.
- Ο καθορισμός ελάχιστων ενεργειακών απαιτήσεων (kWh/m<sup>2</sup>) για όλα τα νέα και ριζικά ανακαινιζόμενα κτίρια.
- Αναπτύσσεται η μεθοδολογία του κτιρίου αναφοράς ώστε να αξιολογούνται και να κατατάσσονται ενεργειακά όλα τα προς πιστοποίηση κτίρια.
- Ο καθορισμός των ελάχιστων προδιαγραφών που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, κατά την επιλογή των δομικών στοιχείων του κτιριακού κελύφους και κατά την επιλογή των εγκαταστάσεων θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού.
- Επιβάλλει την υποβολή Μελέτης Ενεργειακής Απόδοσης (Μ.Ε.Α) στις αρμόδιες υπηρεσίες προκειμένου να εκδοθεί η οικοδομική άδεια.
- Καθορίζεται η διαδικασία των ενεργειακών επιθεωρήσεων των κτιρίων όπως και των επιθεωρήσεων λεβήτων και εγκαταστάσεων θέρμανσης και

κλιματισμού. Έπειτα από κάθε επιθεώρηση πρέπει να εκδίδεται το Πιστοποιητικό Ενεργειακής Απόδοσης (Π.Ε.Α.) του κτιρίου.

### 2.3.1. Το κτίριο αναφοράς και οι ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις

Ας δούμε όμως τι ακριβώς είναι το κτίριο αναφοράς και πότε ένα εξεταζόμενο κτίριο καλύπτει τις ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις. Το κτίριο αναφοράς έχει τα ίδια γεωμετρικά χαρακτηριστικά, το ίδιο κέλυφος, την ίδια χρήση και την ίδια θέση στο χώρο με το εξεταζόμενο κτίριο. Διαθέτει επίσης ένα ελάχιστο επίπεδο προδιαγραφών στις Η/Μ εγκαταστάσεις. Σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. επομένως, ο μελετητής συγκρίνει την πρωτογενή ενέργεια που καταναλώνει το εξεταζόμενο κτίριο με αυτήν του κτιρίου αναφοράς. Όταν ο λόγος της πρωτογενούς ενέργειας του εξεταζόμενου κτιρίου προς αυτήν του κτιρίου αναφοράς είναι μικρότερος της μονάδας, τότε το κτίριο καλύπτει τις ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις και θεωρείται ενεργειακά αποδοτικό.

Γενικά έχουν διαμορφωθεί οι εξής κατηγορίες κατάταξης ενός κτιρίου βάσει του παραπάνω λόγου: A<sup>+</sup>, A, B<sup>+</sup>, B, Γ, Δ, E, Z, H. Το κτίριο αναφοράς καταλαμβάνει πάντα την κατηγορία B, επομένως οι κατηγορίες από B έως A<sup>+</sup> σημαίνει πως το εξεταζόμενο κτίριο είναι ενεργειακά αποδοτικό (ΤΕΕ, 2011b).



Εικόνα 2.1: Σχηματική απεικόνιση ενεργειακών κατηγοριών (Πηγή: Τ.Ε.Ε.)

### 2.4. Το λογισμικό ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.

Για την πραγματοποίηση των ενεργειακών μελετών όπως αυτές καθορίζονται από τον Κ.Εν.Α.Κ. αναπτύχθηκε στην Ελλάδα το λογισμικό ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ., το οποίο χρησιμοποιείται στην παρούσα διπλωματική εργασία. Είναι ένα λογισμικό που

αναπτύχθηκε απο την ομάδα εξοικονόμησης ενέργειας του Ινστιτούτου Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης (ΙΕΠΒΑ) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ), σε συνεργασία με το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας. Αποτελείται από πέντε λογισμικά ανεξαρτητα μεταξύ τους. Ο μελετητής διαλέγει το κατάλληλο λογισμικό με βάση την εργασία που θέλει να πραγματοποιήσει (π.χ. ενεργειακή μελέτη νέου κτιρίου, ενεργειακή επιθεώρηση, επιθεώρηση συστήματος κλιματισμού κλπ).

Γενικά, είναι ένα λογισμικό ιδιαίτερα απλό και φιλικό προς τον χρήστη. Διαθέτει παράθυρα εισαγωγής δεδομένων, ενώ πραγματοποιεί και οικονομική ανάλυση των προτεινόμενων επεμβάσεων. Ωστόσο, θα μπορούσε να διαθέτει κάποιες βιβλιοθήκες δομικών υλικών ώστε ο χρήστης να μην χρειάζεται να πραγματοποιεί μόνος του τους υπολογισμούς για τον συντελεστή θερμοπερατότητας U.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιείται το λογισμικό Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίου (έκδοση 1.29.1.19).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΚΤΙΡΙΟΥ

### 3.1. Παρουσίαση του κτιρίου και της θέσης του

Το προς μελέτη κτίριο βρίσκεται στον δήμο Περιστερίου του νομού Αττικής, στη συμβολή των οδών Κύπρου και Κορυτσάς με την κύρια όψη του να βρίσκεται στον αριθμό 8 της οδού Κορυτσάς. Πρόκειται για ένα σχετικά καινούργιο κτίριο μιας και κατασκευάστηκε το 2004 σε ένα οικόπεδο που καταλαμβάνει συνολικά εμβαδό 216,71 m<sup>2</sup>. Διαθέτει τέσσερις ορόφους, υπόγειο και είναι μικτής χρήσης. Το ισόγειό του καταλαμβάνει τεχνικό γραφείο με εμβαδό περίπου 72 m<sup>2</sup>, ενώ οι όροφοι απο τον πρώτο μέχρι τον τέταρτο αποτελούν ενιαία κατοικία εμβαδού 207 m<sup>2</sup>.

Στη συνέχεια παρατίθενται ενδεικτικά φωτογραφίες, αρχιτεκτονικά σχέδια καθώς και το τρισδιάστατο μοντέλο του κτιρίου σχεδιασμένο στο πρόγραμμα SketchUp.



Εικόνα 3.1: Η πρόσοψη του κτιρίου επί της οδού Κορυτσάς





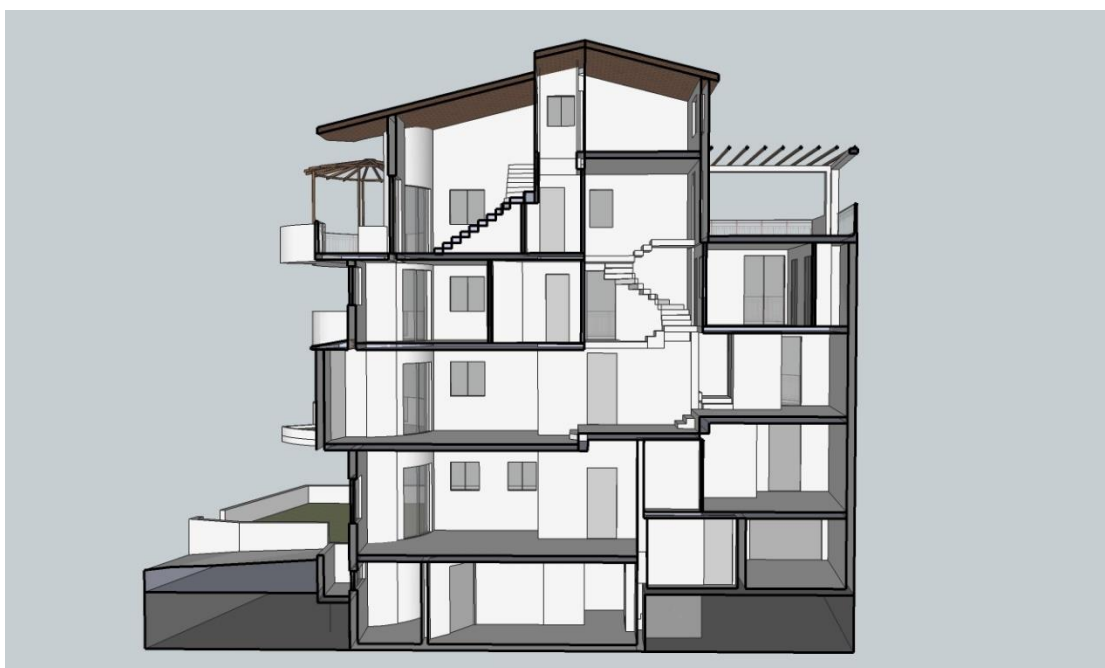
*Εικόνα 3.2: Η βορειοδυτική πλευρά του κτιρίου επί της οδού Κύπρου*



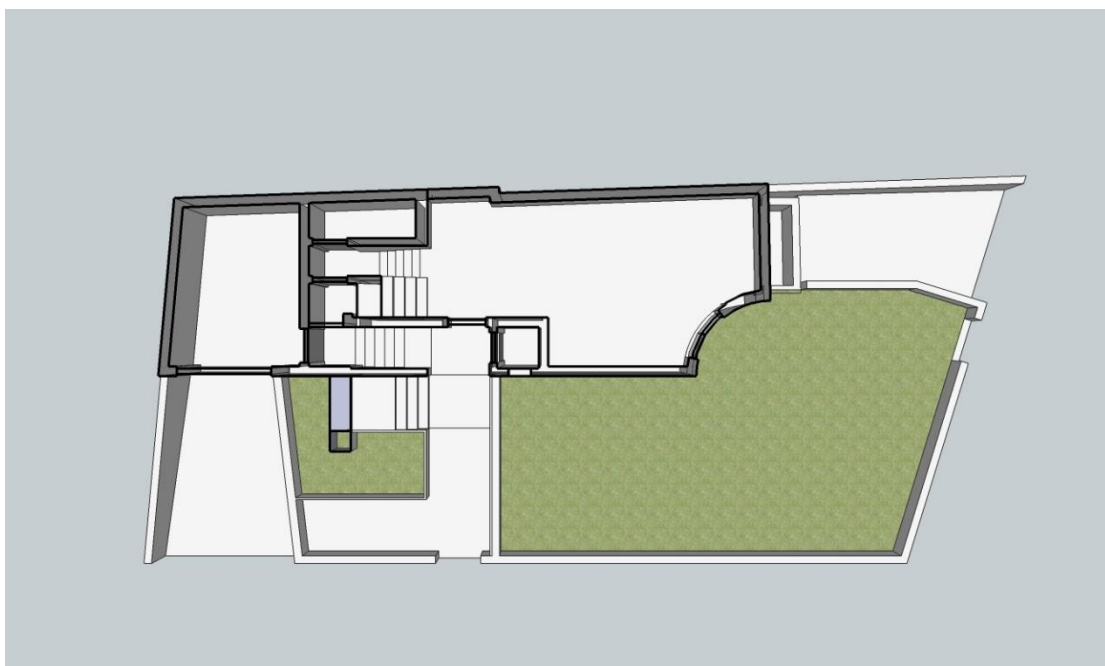
*Εικόνα 3.3: Προοπτικό σχέδιο του κτιρίου (Ιδία Επεξεργασία)*



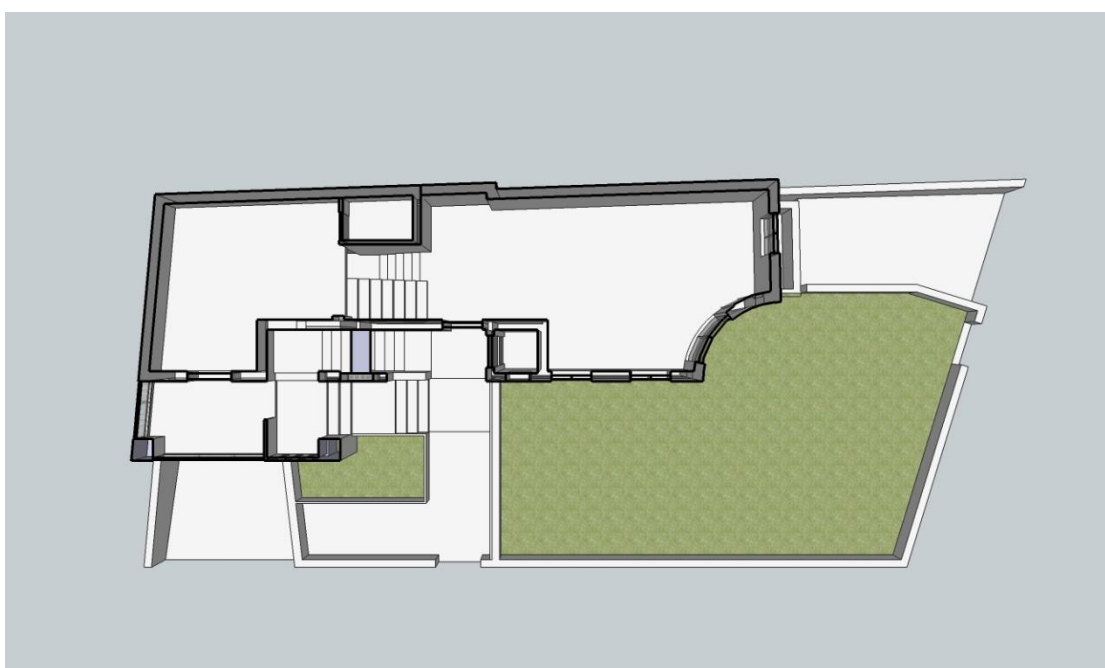
*Εικόνα 3.4: Προοπτικό σχέδιο του κτιρίου (Ιδία Επεξεργασία)*



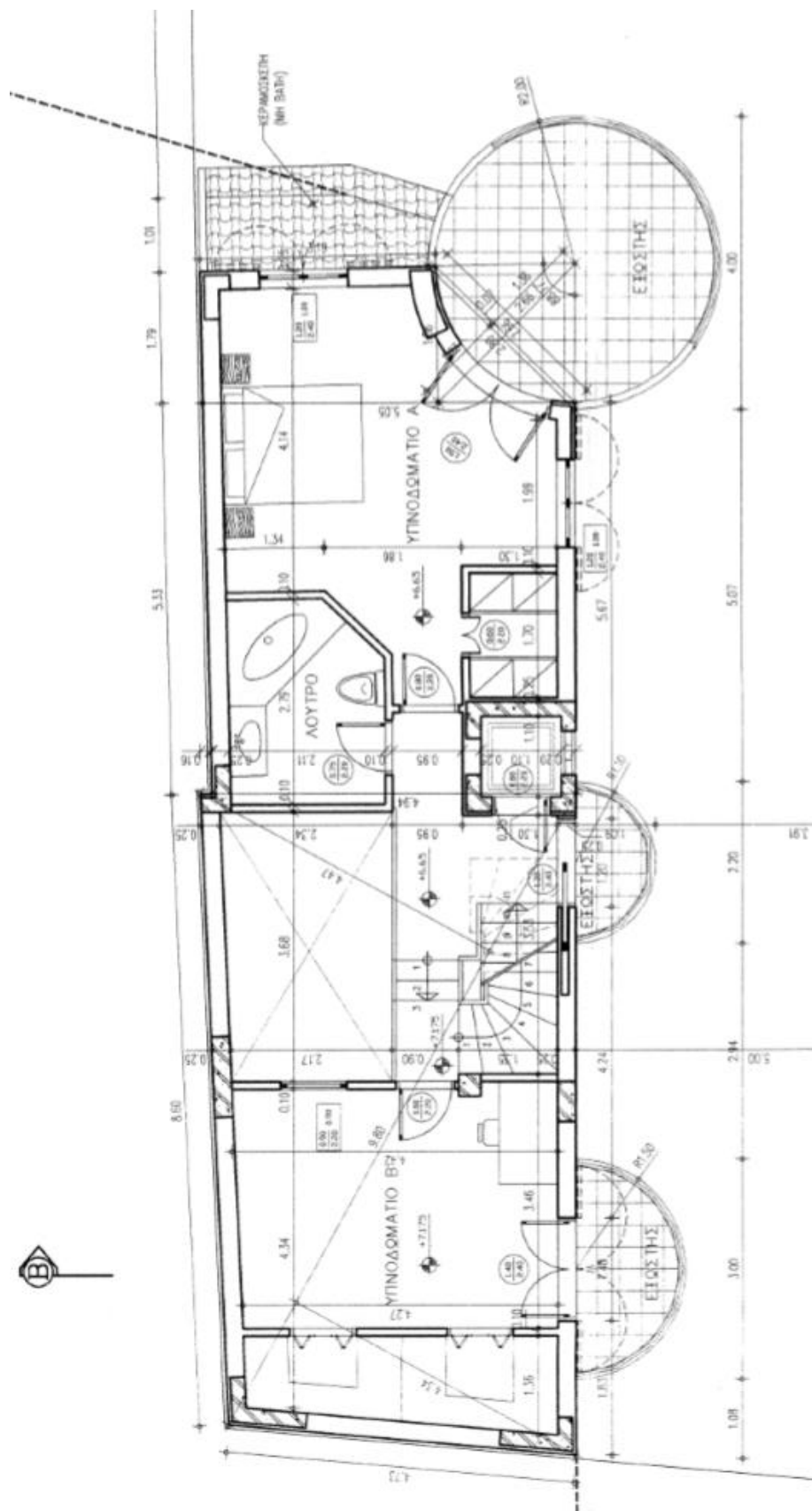
*Εικόνα 3.5: Τρισδιάστατο σχέδιο του κτιρίου σε τομή (Ιδία επεξεργασία)*



Εικόνα 3.5: Κάτοψη ισογείου (Ιδία επεξεργασία)



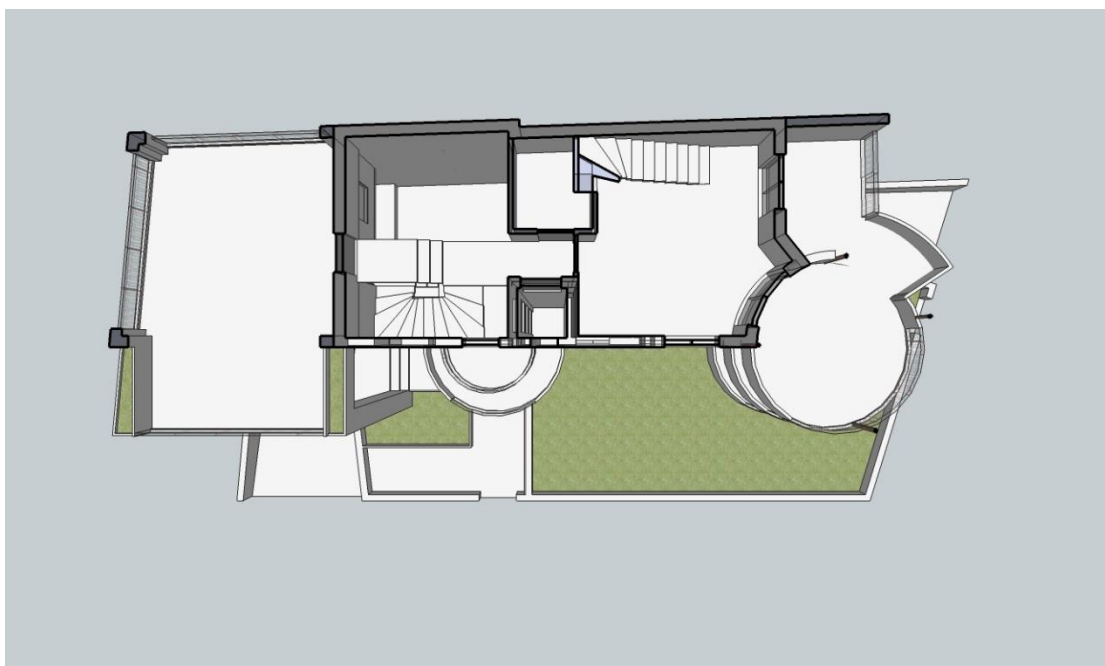
Εικόνα 3.6: Κάτοψη 1<sup>ου</sup> ορόφου (Ιδία επεξεργασία)



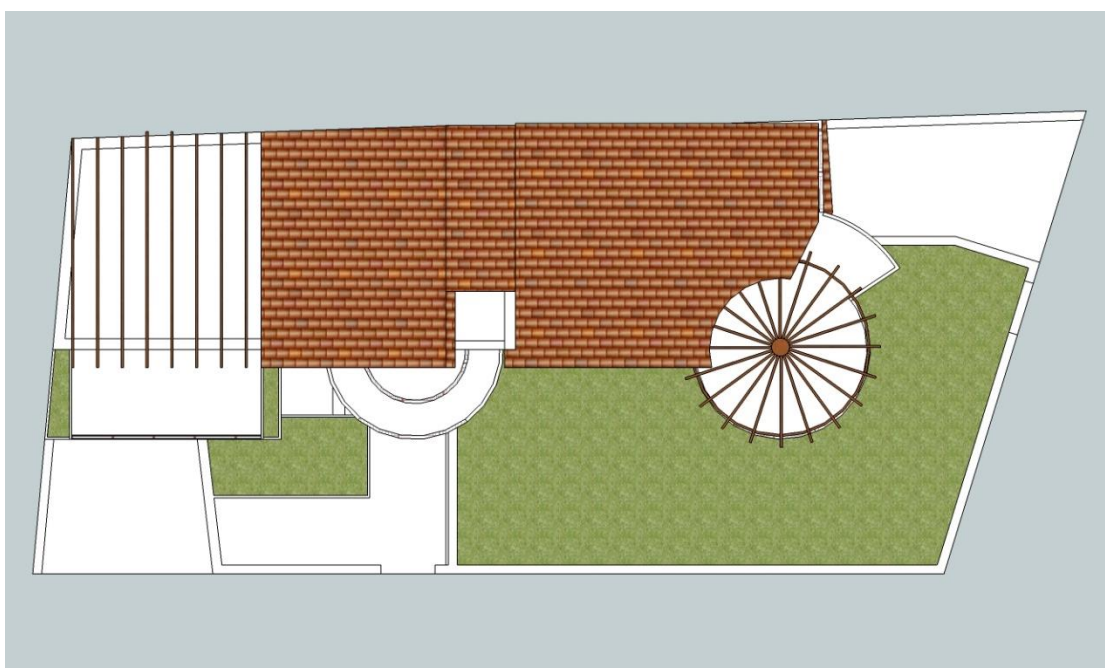
Εικόνα 3.7: Κάτοψη 2ου ορόφου (αρχιτεκτονικό σχέδιο)







Εικόνα 3.9: Κάτοψη 4<sup>ου</sup> ορόφου (ιδία επεξεργασία)



Εικόνα 3.10: Κάτοψη στέγης (ιδία επεξεργασία)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ «ΤΕΕ-Κ.ΕΝ.Α.Κ.»

Όπως είδαμε σε προηγούμενο κεφάλαιο, το πρὸς μελέτη κτίριο, δεν είναι κτίριο ενιαίας χρήσης. Είναι κτίριο μεικτής χρήσης αφού το ισόγειό του λειτουργεί ως γραφείο, ενώ οι υπόλοιποι όροφοι αποτελούν κατοικία. Έτσι, όπως ορίζει η ΤΟΤΕΕ 20701-1/2017 σε αυτήν την περίπτωση οι υπολογισμοί για την ενεργειακή απόδοση και ενεργειακή κατάταξη του κτιρίου γίνεται ξεχωριστά για κάθε χρήση. Ακολουθούν λοιπόν δύο εφαρμογές του λογισμικού ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ., μία για τον χώρο του τριτογενούς τομέα και μία για την κατοικία (ΤΕΕ, 2017a).

### 4.1. Εισαγωγή των δεδομένων του γραφείου στο πρόγραμμα

#### 4.1.1. Εισαγωγή των γενικών στοιχείων

Πρίν απ' όλα θα πρέπει να καθορίσουμε τις θερμικές ζώνες για το γραφείο. Στην περίπτωση μας ορίζουμε:

- Μία θερμική ζώνη (θερμαινόμενο χώρο) με εμβαδό 72,04 m<sup>2</sup>
- Κανέναν μη θερμαινόμενο χώρο
- Κανέναν ηλιακό χώρο

Στην συνέχεια εισάγουμε τα απαραίτητα εισαγωγικά στοιχεία όπως φαίνεται στην εικόνα 4.1:

Επιλέξτε τα συστήματα του κτιρίου: ☐ ΣΗΘ ☐ Φωτοβολταϊκά ☐ Ανεμογεννήτριες αστικού περιβάλλοντος

Γενικά | Υδρευση, αποχέτευση, άρδευση | Ανελκυστήρες

Περιγραφή: Υπάρχον κτίριο

Χρήση κτιρίου: Γραφείο

Συνολική επιφάνεια (m<sup>2</sup>): 72.04 Συνολικός όγκος (m<sup>3</sup>): 221.28

Θερμαινόμενη επιφάνεια (m<sup>2</sup>): 72.04 Θερμαινόμενος όγκος (m<sup>3</sup>): 221.28

Ψυχόμενη επιφάνεια (m<sup>2</sup>): 72.04 Ψυχόμενος όγκος (m<sup>3</sup>): 221.28

Αριθμός ορόφων: 0 Ύψος τυπικού ορόφου (m): Υψος ισογείου (m): 3.64

Έκθεση κτιρίου: Ενδιάμεσο

Αριθμός θερμικών ζωνών: 1

Αριθμός μη θερμαινόμενων χώρων: 0 Αριθμός ηλιακών χώρων: 0

☒ Θερμομόνωση των κατακόρυφων δομικών στοιχείων

	Πηγή ενέργειας	Θέρμανση	Ψύξη	Αερισμός	ΖΝΧ	Φωτισμός	Συσκευές	Κατανάλωση	Μονάδες	Περίοδος κατανάλωσης
▶	Φυσικό αέριο	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	Nm <sup>3</sup>	00/00/00 - 01/01/10
	Ηλεκτρική	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	kWh	00/00/00 - 01/01/10
*		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			00/00/00 - 01/01/10

☐ Συνθήκες θερμικής άνεσης ☐ Συνθήκες ακουστικής άνεσης ☐ Συνθήκες οπτικής άνεσης ☐ Ποιότητα εσωτερικού αέρα

Εικόνα 4.1: Όθονη εισαγωγής δεδομένων λογισμικού ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.

Εισάγουμε δεδομένα που αφορούν τον συνολικό όγκο του γραφείου, την θερμαινόμενη επιφάνεια, τον αριθμό ορόφων κλπ. Απο αυτά τα δεδομένα μόνο η συνολική επιφάνεια και ο θερμαινόμενος όγκος λαμβάνονται στους υπολογισμούς.

Τα δεδομένα για την κατανάλωση ενέργειας και την ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος επίσης δεν λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς, αλλά χρησιμοποιούνται για στατιστικούς λόγους. Το ίδιο ισχύει και για τις καρτέλες ύδρευση, αποχέτευση, άρδευση και ανελκυστήρες.

Συνεχίζοντας, για τη θερμική ζώνη που ορίσαμε, πρέπει να εισάγουμε τα ακόλουθα στοιχεία όπως φαίνονται στην εικόνα 4.2:

Εικόνα 4.2: Οθόνη εισαγωγής γενικών στοιχείων θερμικής ζώνης λογισμικού TEE-K.Ev.A.K.

Εισάγουμε στοιχεία όπως: η συνολική επιφάνεια, η ανηγμένη θερμοχωρητικότητα των δομικών στοιχείων, η διείσδυση του αέρα από τα κουφώματα κλπ.

#### 4.1.2. Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

Για τον υπολογισμό του συντελεστή θερμοπερατότητας των αδιαφανών επιφανειών ακολουθούμε τις οδηγίες της Τεχνικής Οδηγίας 20701-2/2017.

Έτσι, η αντίσταση που προβάλλει μία ομογενής στρώση ενός δομικού στοιχείου στη ροή θερμότητας υπολογίζεται απο τον τύπο:

$$R = d/\lambda \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (4.1)$$

Όπου:

- $R [\text{m}^2\text{K/W}]$  η αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας η συγκεκριμένη στρώση,
- $d [\text{m}]$  το πάχος της στρώσης,
- $\lambda [\text{W/mK}]$  ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του υλικού της στρώσης.



Η αντίσταση για ένα δομικό στοιχείο με πολλές στρώσεις υλικών ορίζεται ως  $R_{\Lambda}$  και προκύπτει από το άθροισμα των επί μέρους αντιστάσεων της κάθε στρώσης κατά τη σχέση:

$$R_{\Lambda} = \sum_{j=1}^n \frac{d}{\lambda} = \sum_{j=1}^n R_j \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (4.2)$$

Αν λάβουμε υπόψη και τις αντιστάσεις του αέρα εκατέρωθεν των στρώσεων του έχουμε:

$$R_{\text{ολ}} = R_i + R_1 + \dots + R_n + R_a \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (4.3)$$

Όπου:

- $R_{\text{ολ}}$  [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ] η συνολική αντίσταση που προβάλλει στη ροή θερμότητας το δομικό στοιχείο,
- $n$  [-] το πλήθος των στρώσεων του δομικού στοιχείου,
- $R_i$  [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ] η αντίσταση της θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από τον εσωτερικό χώρο προς το δομικό στοιχείο,
- $R_a$  [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ] η αντίσταση της θερμικής μετάβασης που προβάλλει το επιφανειακό στρώμα αέρα στη μετάδοση της θερμότητας από το δομικό στοιχείο προς το εξωτερικό περιβάλλον.

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$ , δίνει την ποσότητα της θερμότητας που μεταφέρεται στη μονάδα του χρόνου σε σταθερό θερμοκρασιακό πεδίο μέσω της μοναδιαίας επιφάνειας ενός δομικού στοιχείου, όταν η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα στις δύο όψεις του δομικού στοιχείου ισούται με τη μονάδα (ΤΕΕ, 2017b).

Ο συντελεστής θερμοπερατότητας ενός δομικού στοιχείου ορίζεται από τη σχέση:

$$U = \frac{1}{R_i + \sum \left(\frac{d}{\lambda}\right) + R_{\delta} + R_a} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (4.4)$$

όπου:

- $R_{\delta}$  [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ] η θερμική αντίσταση στρώματος αέρα σε τυχόν υφιστάμενο διάκενο ανάμεσα στις στρώσεις του δομικού στοιχείου, με την προϋπόθεση ότι ο αέρας του διακένου δεν επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον και θεωρείται πρακτικά ακίνητος.

#### **4.1.2.1. Υπολογισμοί συντελεστών θερμοπερατότητας U για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία του γραφείου**

Πρέπει να σημειωθεί ότι η οικοδομική άδεια του προς μελέτη κτιρίου εκδόθηκε το 2002. Κατά συνέπεια ήταν διαθέσιμη μελέτη θερμομόνωσης σύμφωνα με τα όσα προέβλεπε ο τότε κανονισμός θερμομόνωσης κτιρίων (Κ.Θ.Κ.). Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι υπολογισμοί του συντελεστή U όπως αναγράφονται στη μελέτη θερμομόνωσης.



### Εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

Τύπος κατασκευής: οπτοπλινθοδομή

α/α	Υλικά	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	Πάχος (m)	λ (W/mK)	d/λ (m <sup>2</sup> K/W)
1	επίχρισμα	1900	0,02	0,872	0,023
2	τοιίχος	1200	0,09	0,523	0,172
3	μόνωση	-	0,05	0,041	1,228
4	τοιίχος	1200	0,09	0,523	0,172
5	επίχρισμα	1900	0,02	0,872	0,023

Εφαρμόζοντας τη σχέση (4.2) για την αντίσταση θερμοδιαφυγής έχουμε:  $R_{\Lambda}=1,618 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Ακόμα για  $R_i=0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$  και  $R_a=0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$  έχουμε συνολική θερμική αντίσταση  $R_{o\lambda}=R_i+R_{\Lambda}+R_a=1,788 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Οπότε ο συντελεστής θερμοπερατότητας  $U$  δίνεται απο τη σχέση  $U=1/R_{o\lambda}=0,559 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

### Δοκοί/υποστυλώματα σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

Τύπος κατασκευής: οπλισμένο σκυρόδεμα

α/α	Υλικά	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	Πάχος (m)	λ (W/mK)	d/λ (m <sup>2</sup> K/W)
1	επίχρισμα	1900	0,02	0,872	0,023
2	μόνωση	-	0,06	0,041	1,475
3	δοκός	2400	0,2	2,035	0,098
4	επίχρισμα	1900	0,02	0,872	0,023

Ομοίως  $U=0,559 \text{ W/m}^2\text{K}$

### Δάπεδο σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο (υπόγειο)

Τύπος κατασκευής: οπλισμένο σκυρόδεμα

α/α	υλικά	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	Πάχος (m)	λ (W/mK)	d/λ (m <sup>2</sup> K/W)
1	μάρμαρο	-	0,02	3,489	0,006
2	ασβεστοκονίαμα	-	0,02	0,872	0,023
3	μόνωση	-	0,06	0,041	1,475
4	πλάκα	2400	0,15	2,035	0,074
5	επίχρισμα	1900	0,02	0,872	0,023

Στην περίπτωση αυτή βέβαια έχουμε  $R_a=R_i=0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Οπότε  $U=0,515 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Όμως, όπως αναφέρει η Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (σελ.67) για επιθεωρήσεις τμημάτων κτιρίων, η παραπάνω τιμή πρέπει να πολλαπλασιαστεί με μειωτικό συντελεστή  $b=0,5$ .

Επομένως, η τιμή που θα εισαχθεί στο πρόγραμμα θα είναι:  $U=0,5 \cdot 0,515 \text{ W/m}^2\text{K}=0,258 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

#### Τοιχοποιία σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο (θάλαμο ανελκυστήρα)

Τύπος κατασκευής: οπτοπλινθοδομή

Όσο αφορά την αντίσταση θερμοδιαφυγής ισχύουν τα όσα υπολογίστηκαν παραπάνω για την εξωτερική τοιχοποιία. Δηλαδή  $R_{\Lambda}=1,618 \text{ m}^2\text{K/W}$ . Είναι όμως  $R_a=R_i=0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$  και επομένως  $U=0,532 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Πολλαπλασιάζοντας όμως με τον μειωτικό συντελεστή  $b=0,5$ , εισάγουμε την τιμή  $0,266 \text{ W/m}^2\text{K}$  στο λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ.

#### Δομικά στοιχεία σε επαφή με όμορα κτίρια

Σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία 20701-1/2017, για την περίπτωση ενεργειακής επιθεώρησης, τα δομικά στοιχεία σε επαφή με γειτονικά κτίρια λαμβάνονται ως αδιαβατικά.

Σημείωση: Εδώ, επειδή ο φέρων οργανισμός και οι εξωτερικές τοιχοποιίες έχουν τον ίδιο συντελεστή θερμοπερατότητας  $U$  δεν χρειάζεται να υπολογιστεί η μέση τιμή. Συνεπώς, τα εισάγουμε στο πρόγραμμα ενιαία.

Μπορούμε λοιπόν να εισάγουμε στο πρόγραμμα τα δεδομένα για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία του γραφείου όπως φαίνεται στην εικόνα 4.4.

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία της ζώνης: Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών: 0  ☐ Παθητικά ηλιακά

Αδιαφανείς επιφάνειες Σε επαφή με το έδαφος Διαφανείς επιφάνειες

Εισάγονται τα δεδομένα για τις αδιαφανείς επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

	Τύπος	Περιγραφή	$\gamma$ (deg)	$\beta$ (deg)	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	$\alpha^*$ (-)	$\varepsilon^*$ (-)	F_hor_h (-)	F_hor_c (-)	F_ov_h (-)	F_ov_c (-)	F_fin_h (-)	F_fin_c (-)
1	Τοίχος	ΒΔ (Φ.Οργ. και Τοιχ.)	315	90	9.88	0.559	0.4	0.8	1	1	1	0.9	0.9	1
2	Μεσοτοιχία	ΝΔ (Φ.Οργ. και Τοιχ.)			55.33									
3	Μεσοτοιχία	ΝΑ (Φ.Οργ. και Τοιχ.)			15.04									
▶ 4	Τοίχος	ΒΑ (Φ.Οργ. και Τοιχ.)	45	90	8.64	0.559	0.4	0.8	1	1	1	0.9	0.9	1
5	Τοίχος	ΒΔ (Φ.Οργ. και Τοιχ.)	315	90	4.13	0.559	0.4	0.8	1	1	1	0.9	0.9	1
6	Τοίχος	ΒΑ (Φ.Οργ. και Τοιχ.)	45	90	16.63	0.559	0.4	0.8	1	1	1	0.9	0.9	1
7	Πόρτα	ΒΑ Ξύλινη	45	90	2.4	3.5	0.6	0.90	0.92	0.88	0.62	0.6	0.81	0.67
8	Τοίχος	ΒΑ (επαφή με ανελκυστήρα)	45	90	6.01	0.266	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0
9	Τοίχος	ΝΑ (επαφή με ανελκυστήρα)	135	90	5.74	0.266	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0
10	Τοίχος	ΒΑ (Φ.Οργ. και Τοιχ.)	45	90	11.70	0.559	0.4	0.8	1	1	1	0.9	0.9	1
11	Τοίχος	Β (κυκλικός)	0	90	7.87	0.559	0.4	0.8	1	1	1	0.9	0.9	1
12	Πυλωτή	Δάπεδο (επαφή με υπόγειο)	0	180	72.04	0.258	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0
* 13														

Εικόνα 4.4: Εισαγωγή δεδομένων για τις αδιαφανείς επιφάνειες σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα για το γραφείο.

#### 4.1.2.2. Συντελεστές σκίασης αδιαφανών δομικών στοιχείων

Όπως αναφέρεται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (σελ.85), μπορεί να γίνει η ακόλουθη παραδοχή για λόγους απλοποίησης. Επειδή έχουμε συντελεστή θερμοπερατότητας κατακόρυφων δομικών στοιχείων μικρότερο από 0,6 W/m<sup>2</sup>K, ο συνολικός συντελεστής σκίασης μπορεί να θεωρηθεί ίσος με 0,9. Σε αυτή την περίπτωση, οι εποχικοί συντελεστές σκίασης λόγω ορίζοντα ορίζονται ως μονάδα (1) και από τους εποχικούς συντελεστές σκίασης για οριζόντια σκίαστρα και πλευρικά, ο ένας ορίζεται με την τιμή μονάδας (1) και ο άλλος την τιμή 0,9 ώστε το γινόμενο τους να είναι 0,9 σε κάθε εποχή. Έτσι καθορίζουμε τους συντελεστές σκίασης, όπως φαίνεται στην εικόνα 4.4.

#### 4.1.3. Διαφανείς επιφάνειες

##### 4.1.3.1. Συντελεστές θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών

Για τα κουφώματα δεν υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία από δελτία αποστολής ή σχετικά πιστοποιητικά ποιότητας. Ωστόσο, σε τεχνική και αιτιολογική έκθεση που κατατέθηκε στην πολεοδομία πριν ξεκινήσει η κατασκευή του κτιρίου αναφέρεται πως θα τοποθετηθούν ανοιγόμενα κουφώματα αλουμινίου, με διπλούς υαλοπίνακες διακένου 12mm. Θεωρήθηκε πως δεν υπάρχει θερμοδιακοπή και κατόπιν σχετικών μετρήσεων, επιλέγεται ποσοστό πλαισίου επί του κουφώματος 20%. Έτσι, επιλέγεται από τον παρακάτω πίνακα η τιμή 3,7 W/m<sup>2</sup>K για τον συντελεστή θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών.

Πίνακας 4.1: Τυπικές τιμές συντελεστή θερμοπερατότητας κουφωμάτων. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017)

Τύπος πλαισίου	Ποσοστό πλαισίου $F_f$	Υαλοπίνακας μονός	Δίδυμος υαλοπίνακας		Δίδυμος υαλοπίνακας με επίστρωση μεμβράνης χαμηλής εκπεμψιμότητας	
			με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο αέρα 12 mm	με διάκενο αέρα 6 mm	με διάκενο Αέρα 12 mm
	[ % ]	$[W/(m^2 \cdot K)]$	$[W/(m^2 \cdot K)]$	$[W/(m^2 \cdot K)]$	$[W/(m^2 \cdot K)]$	$[W/(m^2 \cdot K)]$
Μεταλλικό πλαίσιο χωρίς θερμοδιακοπή.	20%	6,0	4,1	3,7	3,6	3,0
	30%	6,1	4,5	4,1	4,0	3,5
	40%	6,2	4,8	4,5	4,4	4,0
Μεταλλικό πλαίσιο με θερμοδιακοπή 12 mm	20%	–	3,6	3,2	3,1	2,6
	30%	–	3,5	3,2	3,1	2,7
	40%	–	3,5	3,2	3,0	2,8
Μεταλλικά πλαίσια με θερμοδιακοπή 24 mm	20%	–	3,4	3,0	3,0	2,3
	30%	–	3,3	3,0	2,9	2,4
	40%	–	3,2	3,0	2,9	2,4
Συνθετικό πλαίσιο	20%	–	3,4	3,0	2,9	2,2
	30%	–	3,3	2,9	2,9	2,3
	40%	–	3,2	2,9	2,9	2,4
Ξύλινο πλαίσιο	20%	5,0	3,2	2,9	2,7	2,1
	30%	4,7	3,1	2,8	2,6	2,1
	40%	4,3	3,0	2,7	2,6	2,1
Διπλό παράθυρο (ξύλινο)*	20%	2,4	–	–	–	–
	30%	2,3	–	–	–	–
	40%	2,1	–	–	–	–
<b>Εξωτερικές Πόρτες χωρίς υαλοπίνακες <math>[W/(m^2 \cdot K)]</math></b>						
<b>Υλικό</b>	<b>Σε επαφή με εξωτερικό αέρα</b>			<b>Σε επαφή με μη θερμαινόμενο χώρο</b>		
Μέταλλο	6,0			4,0		
Συνθετικό	3,5			2,7		
Ξύλο	3,5			2,7		

Επιλέξτε τα δομικά στοιχεία της ζώνης: Αριθμός εσωτερικών διαχωριστικών επιφανειών:  ☐ Παθητικά ηλιακά

Αδιαφανείς επιφάνειες | Σε επαφή με το έδαφος | Διαφανείς επιφάνειες

Εισάγονται τα δεδομένα για τις διαφανείς επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

	Τύπος	Περιγραφή	$\gamma$ (deg)	$\beta$ (deg)	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	Τύπος ανοίγματος*	U (W/m <sup>2</sup> K)	g_w (-)
▶ 1	Ανοιγόμενο κούφωμα	ΒΔ	315	90	1.4	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
2	Ανοιγόμενο κούφωμα	ΒΑ	45	90	2.64	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
3	Ανοιγόμενο κούφωμα	ΒΑ	45	90	1.4	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
4	Ανοιγόμενο κούφωμα	ΒΑ	45	90	1.4	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
5	Ανοιγόμενο κούφωμα	Β	0	90	3.6	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
6								
* 7								

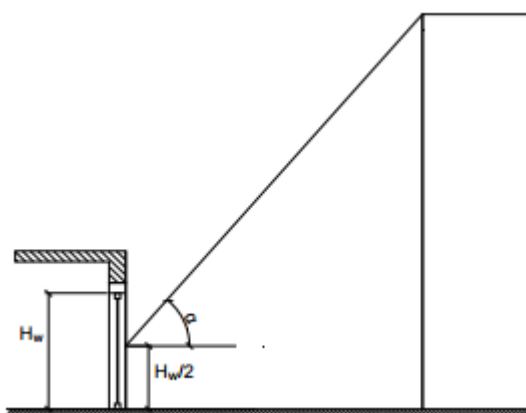
Εικόνα 4.5: Εισαγωγή δεδομένων για τις διαφανείς επιφάνειες στο λογισμικό ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.

#### 4.1.3.2. Συντελεστές σκίασης διαφανών επιφανειών

Για τους συντελεστές σκίασης των διαφανών επιφανειών δεν μπορεί να γίνει η απλοποιητική παραδοχή που έγινε για τις αδιαφανείς επιφάνειες. Απαιτείται ξεχωριστός υπολογισμός για κάθε ένα άνοιγμα.

##### Συντελεστής σκίασης ορίζοντα $F_{hor}$

Αυτός ο συντελεστής προσδιορίζει τη σκίαση που προκύπτει στις επιφάνειες του κτιρίου από την ύπαρξη φυσικών και τεχνητών εμποδίων (π.χ. ψηλών κτιρίων, λόφων κλπ). Όταν ο ορίζοντας είναι ελεύθερος ο συντελεστής ισούται με τη μονάδα ενώ για πλήρη σκίαση παίρνει την τιμή μηδέν (ΤΕΕ, 2017a).



Εικόνα 4.6: Γραφική απεικόνιση της γωνίας θέασης  $\alpha$  που σχηματίζουν τα εμπόδια για το υπολογισμό της σκίασης που προκαλούν σε ένα διαφανές δομικό στοιχείο. (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017)

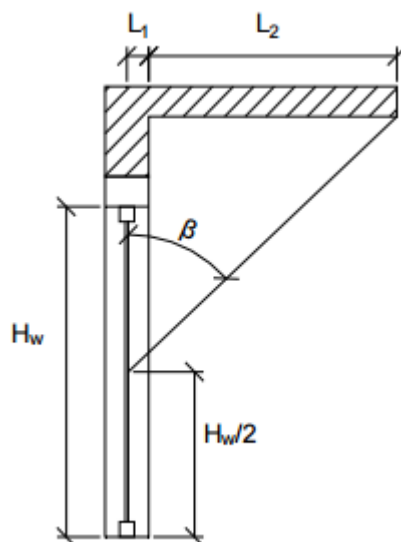
Για τον υπολογισμό του συντελεστή σκίασης ορίζοντα μιας επιφάνειας είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας θέασης  $\alpha$  του εμποδίου.

Η τιμή του συντελεστή σκίασης ορίζοντα τόσο για την περίοδο θέρμανσης όσο και για την περίοδο ψύξης προκύπτει από σχετικό πίνακα στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

##### Συντελεστής σκίασης από προβόλους $F_{ov}$

Ο συντελεστής σκίασης από προβόλους προσδιορίζει τη σκίαση των επιφανειών λόγω ύπαρξης οριζόντιων προεξοχών (εξωστών, προστεγασμάτων κλπ.). Για την εκτίμηση του συντελεστή σκίασης από προβόλους είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας  $\beta$  του προβόλου, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (ΤΕΕ, 2017a).



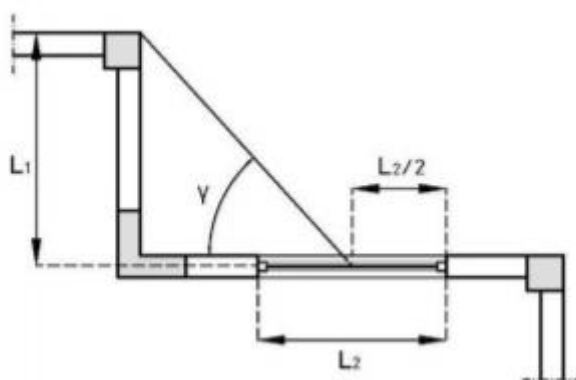


Εικόνα 4.7: Γραφική απεικόνιση της γωνίας  $\beta$  για τον υπολογισμό της σκίασης σε ένα διαφανές δομικό στοιχείο (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017)

Η τιμή του συντελεστή σκίασης απο προβόλους τόσο για την περίοδο θέρμανσης όσο και για την περίοδο ψύξης, προκύπτει απο σχετικό πίνακα στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 ανάλογα με τη γωνία  $\beta$  και τον προσανατολισμό της επιφάνειας.

#### Συντελεστής σκίασης απο πλευρικές προεξοχές $F_{fin}$

Ομοίως και εδώ είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της γωνίας  $\gamma$  της πλευρικής προεξοχής. Η γωνία  $\gamma$  αντιστοιχεί στη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του κατακόρυφου επιπέδου του εξεταζόμενου ανοίγματος και της ευθείας που ενώνει το μέσο του ανοίγματος με το πέρας της πλευρικής προεξοχής (εικόνα 4.8).



Εικόνα 4.8: Γραφική απεικόνιση της γωνίας  $\gamma$  σε διαφανές δομικό στοιχείο (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017)

Η τιμή του συντελεστή σκίασης απο πλευρικές προεξοχές τόσο για την περίοδο θέρμανσης όσο και για την περίοδο ψύξης προκύπτει απο σχετικούς πίνακες στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017, για την αριστερή και τη δεξιά πλευρά της επιφάνειας,

ανάλογα με τη γωνία  $\gamma$  και τον προσανατολισμό της επιφάνειας. Στην περίπτωση που η επιφάνεια σκιάζεται και από τις δύο πλευρές, λαμβάνονται οι δύο συντελεστές ανεξάρτητα και γίνεται χρήση του συνολικού συντελεστή σκίασης, ο οποίος ισούται με το γινόμενο των δύο.

Ακολουθώντας αυτή τη διαδικασία υπολογίζουμε τους συντελεστές σκίασης για τις διαφανείς επιφάνειες και τους εισάγουμε στο πρόγραμμα.

#### 4.1.4. Συστήματα γραφείου

##### 4.1.4.1. Σύστημα θέρμανσης

###### Παραγωγή

Το προς μελέτη κτίριο διαθέτει μονάδα λέβητα-καυστήρα φυσικού αερίου με ονομαστική ισχύ 87,17 kW.

Στους υπολογισμούς για την ενεργειακή απόδοση κατά την επιθεώρηση χρησιμοποιείται ο πραγματικός βαθμός απόδοσης ( $P_m$ ) και ο βαθμός απόδοσης ( $\eta_{gen}$ ). Ο βαθμός απόδοσης προκύπτει από τον εποχιακό βαθμό απόδοσης της μονάδας λέβητα-καυστήρα ( $\eta_{sk\theta}$ ), μειωμένος κατά τον συντελεστή συντελεστή υπερδιαστασιολόγησης ( $\eta_{g1}$ ) και τον συντελεστή μόνωσης λέβητα ( $\eta_{g2}$ ) που δίνονται από σχετικούς πίνακες. Είναι δηλαδή:

$$\eta_{gen} = \eta_{sk\theta} \cdot \eta_{g1} \cdot \eta_{g2} \quad (4.5)$$

$$\text{και} \quad \eta_{sk\theta} = \eta_{gm} \cdot \eta_{g0} \quad (4.6)$$

όπου  $\eta_{g0}$  είναι ο συντελεστής μετατροπής σε εποχιακό βαθμό απόδοσης και δίνεται από τον πίνακα 4.2γ της αναθεωρημένης Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017. Για συνήθη λέβητα επιλέγουμε την τιμή  $\eta_{g0}=0,88$ .

Για όλες τις υφιστάμενες μονάδες θέρμανσης χώρων λέβητα-καυστήρα ο πραγματικός βαθμός απόδοσης ( $\eta_{gm}$ ) και η πραγματική θερμική ισχύς ( $P_m$ ) προσδιορίζονται από την ανάλυση καυσαερίων, η οποία είναι υποχρεωτική σύμφωνα με την Κ.Υ.Α. 189533/2011 και αναγράφονται στο φύλλο συντήρησης και ρύθμισης του συστήματος θέρμανσης (ΤΕΕ, 2017a). Παρότι είναι υποχρεωτικό όμως, φύλλο συντήρησης και ρύθμισης δεν υπήρχε. Έτσι, θεωρήθηκε ως πραγματική ισχύς ( $P_m$ ) η ονομαστική. Είναι δηλαδή:

- $P_m=87,17 \text{ kW}$

Για τον υπολογισμό του πραγματικού βαθμού απόδοσης (αφού δεν υπήρχε φύλλο συντήρησης και ρύθμισης συστήματος θέρμανσης) χρησιμοποιείται ο παρακάτω πίνακας που δίνει την ελάχιστη θερμική απόδοση ανά τύπο λέβητα, που διατίθεται στην

ελληνική αγορά. Με εφαρμογή της πρώτης σχέσης για συνήθη λέβητα υπολογίζουμε  $\eta_{gm}=0,80$ .

Πίνακας 4.2: Μέγιστες τιμές πραγματικού β.α. σε περίπτωση έλλειψης άλλων φ.ε. και ενεργειακής σήμανσης (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.20701-1/2017)

Τύπος λέβητα	Βαθμός απόδοσης
Λέβητας (χωρίς στοιχεία)	0,75
Συνήθης λέβητας	0,80
Λέβητας χαμηλών θερμοκρασιών	0,85
Λέβητας συμπίκνωσης	0,95
Λέβητας βιομάζας (χωρίς στοιχεία)	0,75
Πιστοποιημένος Λέβητας βιομάζας (χειροκίνητης ή αυτόματης τροφοδοσίας)	0,82

Στη συνέχεια, συγκρίνουμε την πραγματική ισχύ ( $P_m$ ) με τη μέγιστη απαιτούμενη θερμική ισχύ της μονάδας θέρμανσης του κτιρίου ( $P_{gen}$ ), η οποία δίνεται απο τη σχέση:

$$P_{gen}=(A \cdot U_m \cdot 1,5 + \frac{\dot{V}}{3}) \cdot \Delta T + P_{ZNX} \quad (4.7)$$

Όπου:

- $A$  [ $m^2$ ] η συνολική πραγματική εξωτερική επιφάνεια του κτιριακού κελύφους (τοιχοί, ανοίγματα, οροφές, πυλωτή) που είναι εκτεθειμένη στον εξωτερικό αέρα ή/και σε επαφή με όμορα κτίρια ή/και σε επαφή με μη θερμαινόμενους χώρους ή/και σε επαφή με το έδαφος, όπως λαμβάνεται υπόψη κατά τον έλεγχο θερμομονωτικής επάρκειας του κτιρίου.
- $U_m$  [ $W/m^2K$ ] ο μέγιστος μέσος συντελεστής θερμοπερατότητας για το σύνολο της επιφάνειας  $A$ . Επειδή μελετάμε κτίριο που χτίστηκε κατά την ισχύ του Κ.Θ.Κ. και για κλιματική ζώνη Β, λαμβάνουμε  $U_m=1,20$   $W/m^2K$  σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.
- $\Delta T$  [ $K$ ] ή [ $^{\circ}C$ ] η διαφορά της θερμοκρασίας για τη διαστασιολόγηση του συστήματος. Για την κλιματική ζώνη Β λαμβάνεται η τιμή  $20^{\circ}C$ .
- Ο συντελεστής 1,5 περιλαμβάνει τα τους συντελεστές προσαύξησης λόγω διακοπτόμενης λειτουργίας, απωλειών δικτύου διανομής κλπ.
- $\dot{V}$  η συνολική προσαγωγή νωπού αέρα στον θερμενόμενο χώρο σε ( $m^3/h$ ) όπως υπολογίζεται βάσει του πίνακα 2.3 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

Η θερμική ισχύς  $P_{ZNX}$  ενός τοπικού θερμαντήρα παραγωγής ζεστού νερού χρήσης, συνήθως υπολογίζεται για μέσο χρόνο απόδοσης της συνολικής ημερήσιας θερμικής ενέργειας σε 5 ώρες, όπως δίνεται απο την ακόλουθη σχέση:

$$P_{ZNX}=Q_d/5 \quad (4.8)$$

Για μονάδα με λέβητα και κεντρικό δίκτυο διανομής θερμού νερού για την τροφοδότηση τοπικών θερμαντήρων ζεστού νερού χρήσης, στην πιο πάνω σχέση λαμβάνεται προσαύξηση 20% (για την επιτάχυνση ενάρξεως λειτουργίας, την κάλυψη θερμικών απωλειών του δικτύου διανομής κ.ά.). Το ημερήσιο απαιτούμενο θερμικό φορτίο  $Q_d$  (kWh/day) για Ζ.Ν.Χ. δίνεται από την ακόλουθη σχέση (ΤΕΕ,2017a) :

$$Q_d = V_d \cdot (c/3600) \cdot \rho \cdot \Delta T \quad (4.9)$$

Όπου:

- $V_d$  [lt/ημέρα] το ημερήσιο φορτίο. Λαμβάνεται η τιμή 200 lt/ημέρα από τον πίνακα 2.5 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.
- $\rho$  [kg/lt] η πυκνότητα του νερού
- $c$  [kJ/kg K] η ειδική θερμότητα,  $c=4,18$  kJ/kg K
- $\Delta T$  [K] ή [°C] η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ της χαμηλότερης θερμοκρασίας νερού (πίνακας 2.6, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017) και της θερμοκρασίας του Ζ.Ν.Χ.

Τελικά η σχέση (4.7) δίνει:  $P_{gen} = 30,73$  kW.

Ο συντελεστής υπερδιαστασιολόγησης  $\eta_{g1}$  λαμβάνεται από τον πίνακα 4.3 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2017 με γραμμική παρεμβολή για τις ενδιάμεσες τιμές. Τελικά υπολογίζουμε την τιμή  $\eta_{g1}=0,8512$ .

Όσο αφορά τον συντελεστή μόνωσης της μονάδας λέβητα-καυστήρα  $\eta_{g2}$  δίνεται απο τη σχέση:

$$\eta_{g2} = a \cdot Y + b \quad (4.10)$$

Όπου:

- $Y$  η υπερδιαστασιολόγηση η οποία λαμβάνει την τιμή 1 για λέβητα χωρίς υπερδιαστασιολόγηση, 1,5 για λέβητα με υπερδιαστασιολόγηση κ.ο.κ.
- $a, b$  συντελεστές οι οποίοι υπολογίζονται από τον επόμενο πίνακα

Πίνακας 4.3: Συντελεστές υπολογισμού συντελεστή της κατάστασης μόνωσης  $\eta_{g2}$  μονάδας λέβητα καυστήρα (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017).

Κατάσταση μόνωσης	Τύπος λέβητα	a	b
Καλή	Όλοι	0,0	1,0
Μέτρια	Χωρίς στοιχεία, συνήθης, βιομάζας	-0,0145	0,975
	Χαμηλών θερμοκρασιών	-0,017	0,99
	Συμπύκνωσης	-0,015	1,00
Κακή	Χωρίς στοιχεία, συνήθης, βιομάζας	-0,026	0,95
	Χαμηλών θερμοκρασιών	-0,027	0,99
	Συμπύκνωσης	-0,034	1,00

Επομένως, για καλή κατάσταση μόνωσης επιλέγουμε  $a=0$  και  $b=1$ . Άρα  $\eta_{g2}=1$  ( $Y=2,84$ ) και  $\eta_{gen}=0,5992$ . Τελικά, εισάγουμε στο πρόγραμμα τις τιμές  $P_m$  και  $\eta_{gen}$ .

Σημείωση: οι υπολογισμοί για την ισχύ παραγωγής Ζ.Ν.Χ., αφορούν τις ανάγκες σε Ζ.Ν.Χ. της κατοικίας.

#### Δίκτυο διανομής

Εισάγουμε την συνολική θερμική ισχύ την οποία μεταφέρει το δίκτυο διανομής. Η συνολική θερμική ισχύς την οποία μεταφέρει το δίκτυο διανομής είναι η εγκατεστημένη θερμική ισχύς της μονάδας παραγωγής επί το συνολικό συντελεστή υπερδιαστασιολόγησης και μόνωσης λέβητα. Άρα, εισάγουμε την τιμή 74,20 kW.

Επίσης, επιλέγονται εσωτερικοί χώροι διέλευσης για τους αγωγούς, ενώ οι απώλειες του δικτύου διανομής επιλέγονται από σχετικό πίνακα της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε 20701-1/2017 και ισούνται με 11 %. Άρα, ο βαθμός απόδοσης του δικτύου διανομής είναι 0,89.

#### Τερματικές μονάδες εκπομπής (απόδοσης)

Έχουμε θερμαντικά σώματα άμεσης απόδοσης (καλοριφέρ). Σύμφωνα με την Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 εκτιμάται ο βαθμός απόδοσης ( $\eta_{em,t}$ ) των τερματικών μονάδων του δικτύου θέρμανσης βάσει της ακόλουθης σχέσης:

$$\eta_{em,t} = \frac{\eta_{em}}{f_{rad} \cdot f_{im} \cdot f_{hydr}} \quad (4.11)$$

όπου:

- $f_{rad}$  ο παράγοντας για την αποτελεσματικότητα της ακτινοβολίας των τερματικών μονάδων και εξαρτάται από το ύψος των χώρων που θερμαίνονται. Ισχύει μόνο για τις τερματικές μονάδες ακτινοβολίας, ενώ για

τα υπόλοιπα συστήματα ισούνται με τη μονάδα, σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 4.4: Ο παράγοντας  $f_{rad}$  (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017)

Για θερματικές μονάδες θέρμανσης σε χώρους	$f_{rad}$
με ύψος μικρότερο από 4 m	1,00
με ύψος ίσο ή μεγαλύτερο από 4 m	0,95
με ανακυκλοφορία αέρα για μεγάλα ύψη	1,00

- $f_{im}$  ο παράγοντας της διακοπτόμενης λειτουργίας με την έννοια της μείωσης (ρύθμισης) της θερμοκρασίας ανά χώρο του κτιρίου, που παίρνει τιμές από τον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 4.5: Ο παράγοντας διακοπτόμενης λειτουργίας  $f_{im}$  (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017)

Για θερματικές μονάδες θέρμανσης:	$f_{im}$
με συνεχή λειτουργία	1,00
με διακοπτόμενη λειτουργία*	0,97

\* με δυνατότητα αυτόματης ρύθμισης λειτουργίας σε επίπεδο θερματικής μονάδας

- $f_{hydr}$  ο παράγοντας για την υδραυλική ισορροπία του δικτύου των θερματικών μονάδων που παίρνει τιμές από τον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 4.6: Ο παράγοντας για την υδραυλική ισορροπία  $f_{hydr}$  (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017)

Για θερματικές μονάδες:	$f_{hydr}$
με υδραυλικά εξισορροπημένο σύστημα	1,00
με συστήματα εκτός ισορροπίας	1,03

- $\eta_{em}$  η απόδοση εκπομπής μιας θερματικής μονάδας. Στον πίνακα 4.8 δίνεται η απόδοση για διάφορους τύπους θερματικών μονάδων και ανάλογα με τη θερμοκρασία του μέσου.

Πίνακας 4.7: Απόδοση εκπομπής  $\eta_{em}$  θερματικών μονάδων θέρμανσης (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017)

Απόδοση εκπομπής $\eta_{em}$ θερματικών μονάδων θέρμανσης			
Τύπος θερματικής μονάδας	Θερμοκρασία μέσου T [°C]		
	90 - 70	70 - 50	50 - 35
Άμεσης απόδοσης σε εσωτερικό τοίχο	0,85	0,89	0,91
Άμεσης απόδοσης σε εξωτερικό τοίχο	0,89	0,93	0,95
Ενδοδαπέδιο σύστημα θέρμανσης	–	–	0,90
Ενδοτοιχίο σύστημα θέρμανσης	–	–	0,87
Σύστημα θέρμανσης οροφής	–	–	0,85

Τελικά, επιλέγονται οι εξής τιμές:  $f_{rad}=1$ ,  $f_{im}=1$ ,  $f_{hydr}=1,03$ .

Επίσης, καταγράφηκαν πέντε (5) μονάδες τοποθετημένες σε εξωτερικό τοίχο με  $\eta_{em}=0,89$  οι οποίες δίνουν βαθμό απόδοσης  $\eta_{em,t}=0,864$ . Ακόμα, μία (1) μονάδα τοποθετημένη σε εσωτερικό τοίχο με  $\eta_{em}=0,85$  η οποία δίνει βαθμό απόδοσης  $\eta_{em,t}=0,825$ .

Επομένως, εισάγεται στο πρόγραμμα η μέση τιμή του βαθμού απόδοσης  $\eta_{em,t}$  των έξι τερματικών μονάδων δηλαδή  $\eta_{em,t}=0,8575$ .

### Βοηθητικές μονάδες

Ύστερα από αυτοψία καταγράφηκε κυκλοφορητής ισχύος 0,33 kW, ο οποίος εξυπηρετεί τόσο το γραφείο όσο και την κατοικία. Για τον λόγο αυτό απαιτείται επιμερισμός της ισχύος του. Έτσι στο πρόγραμμα εισάγεται η τιμή 0,085 kW (ο επιμερισμός της ισχύος του κυκλοφορητή έγινε βάσει του ποσοστού της επιφάνειας του γραφείου σε σχέση με τη συνολική θερμαινόμενη επιφάνεια του κτιρίου).

Συνεπώς, εισάγουμε τα δεδομένα για το σύστημα θέρμανσης, όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα:

Επιλέξτε τα συστήματα της ζώνης: ☐ Ύδραση ☒ Μηχανικός αερισμός ☐ Ηλεκτρικός αερισμός ☒ Φωτισμός

Θέρμανση Ψύξη Μηχανικός αερισμός ΖΘΧ Φωτισμός

**Παραγωγή**

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	Β. Απ. (-)	COP	Ιαν (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
▶ 1	Λέβητας	Φυσικό αέριο	87.17	0.5992	1.0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
* 2				1	1												

**Δίκτυο διανομής**

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	Β. Απ. (-)	Μόνωση
▶ 1	Δίκτυο διανομής θερμού μέσου	74.20	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.89	<input type="checkbox"/>
2	Αεραγωγοί				<input type="checkbox"/>

**Τερματικές μονάδες**

	Τύπος	Β. Απ. (-)
▶ 1	Θερμαντικά σώματα άμεσης	0.8575

**Βοηθητικές μονάδες**

	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
▶ 1	Κυκλοφορητές	1	0.085
* 2		1	0

Εικόνα 4.9: Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό TEE-K.Ev.A.K. για το σύστημα θέρμανσης στο γραφείο

### 4.1.4.2. Σύστημα ψύξης

#### Παραγωγή

Κατά την αυτοψία στον χώρο του γραφείου καταγράφηκαν δύο τοπικές κλιματιστικές μονάδες ισχύος 2,55 kW η κάθε μία. Καθώς δεν υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία για τον δείκτη αποδοτικότητας, λαμβάνεται η τιμή EER=2,0 για συστήματα δεκαετίας, όπως ορίζει η Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 στο σχετικό κεφάλαιο.

#### Τερματικές μονάδες απόδοσης ψύξης

Ο βαθμός απόδοσης ( $\eta_{em,t}$ ) των τερματικών μονάδων ψύξης υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\eta_{em} = \frac{\eta_{em}}{f_{im} \cdot f_{hydr}} \quad (4.10)$$

όπου:

- $f_{im}$  ο παράγοντας της διακοπτόμενης λειτουργίας με την έννοια της μείωσης (ρύθμισης) της θερμοκρασίας ανά χώρο του κτιρίου, που παίρνει τιμές απο τον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 4.9: Τιμές για τον παράγοντα διακοπτόμενης λειτουργίας  $f_{im}$  (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017)

Για τερματικές μονάδες θέρμανσης με:	$f_{im}$
συνεχή λειτουργία	1,00
διακοπτόμενη λειτουργία*	0,97

\* με ρύθμιση λειτουργίας σε επίπεδο τερματικής μονάδας

- $f_{hydr}$  ο παράγοντας για την υδραυλική ισορροπία του δικτύου των τερματικών μονάδων, που παίρνει τιμές από τον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 4.10: Τιμές για τον παράγοντα υδραυλικής ισορροπίας  $f_{hydr}$  (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1.2017).

Για τερματικές μονάδες με:	$f_{hydr}$
υδραυλικά εξισορροπημένο σύστημα	1,00
συστήματα εκτός ισορροπίας	1,03

- $\eta_{em}$  η απόδοση εκπομπής της ίδιας της μονάδας. Ενδεικτικές τιμές δίνονται στον πίνακα 4.11.

Πίνακας 4.11: Απόδοση  $\eta_{em}$  τερματικών μονάδων ψύξης

Τύπος τερματικής μονάδας	Απόδοση εκπομπής $\eta_{em}$ μονάδων ψύξης
Άμεσα συστήματα: π.χ. μονάδες ανεμιστήρα στοιχείου (fan-coils), δαπέδου ή οροφής, εσωτερικές μονάδες τοπικών συστημάτων άμεσης εξάτμισης, τερματικά στοιχεία κυκλοφορίας αέρα κ.ά.	0,93
Ενσωματωμένες τερματικές μονάδες: π.χ. ενδοτοιχίο, ενδοδαπέδιο, ψυχόμενες οροφές	0,90
Τοπικές αντλίες θερμότητας	0,93

Τελικά, επιλέγουμε:  $f_{im}=0,97$  (διακοπτόμενη λειτουργία),  $f_{hydr}=1,0$  (υδραυλικά εξισορροπημένο σύστημα) και  $\eta_{em}=0,93$ . Επομένως,  $\eta_{em,t}=0,959$  τιμή την οποία εισάγουμε στο πρόγραμμα.

Προφανώς, τοπικές αντλίες θερμότητας δεν διαθέτουν δίκτυο διανομής και βοηθητικά συστήματα.



Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. Αν (-)	EER (-)	Jan (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
▶ 1	Αερόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	5.1	1.0	2	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
* 2				1	1												

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. Αν (-)	Μόνωση
▶ 1	Δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου			1	
2	Αεραγωγοί				

Τερματικές μονάδες

	Τύπος	B. Αν (-)
▶ 1	Εσωτερική μονάδα κλιματιστικού	0.959

Βοηθητικές μονάδες

	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
* 1		1	0

Εικόνα 4.10: Εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ. για τα συστήματα ψύξης στο γραφείο.

#### 4.1.4.3. Μηχανικός αερισμός

Το εξεταζόμενο κτίριο δεν διαθέτει σύστημα μηχανικού αερισμού, παρά το ότι είναι υποχρεωτικό για τα κτίρια του τριτογενούς τομέα. Στην περίπτωση αυτή, ορίζουμε θεωρητικό σύστημα με παροχή νωπού αέρα σύμφωνα με τα όσα ορίζει ο σχετικός πίνακας της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 και χωρίς ανακυκλοφορία ή ανάκτηση θερμότητας/ψύξης. Η ειδική ηλεκτρική ισχύς των ανεμιστήρων ορίζεται ίση με  $1\text{ kW/m}^3/\text{s}$ .

Επιλέξτε τα συστήματα της ζώνης: ☐ Υγρανση ☒ Μηχανικός αερισμός ☒ Ηλιακός συλλέκτης ☒ Φωτισμός

Θέρμανση Ψύξη **Μηχανικός αερισμός** ΖΝΧ Ηλιακός συλλέκτης Φωτισμός

	Τύπος	Τμ. Θερ.	F <sub>h</sub> (m³/h)	R <sub>h</sub> (-)	Q <sub>r,h</sub> (-)	Τμ. Ψυξ.	F <sub>c</sub> (m³/h)	R <sub>c</sub> (-)	Q <sub>r,c</sub> (-)	Τμ. Υγρ.	H <sub>r</sub> (-)	Φίλτρα	E <sub>vent</sub> (kW/m³/s)
1	Θεωρητικό σύστημα		216.12	0.0	0.0		216.12	0.0	0.0		0.0		1
* 2				0	0			0	0		0		

Εικόνα 4.11: Εισαγωγή δεδομένων για σύστημα μηχανικού αερισμού στο λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ.

#### 4.1.4.4. Σύστημα φωτισμού

Η κατανάλωση ενέργειας από τα συστήματα φωτισμού υπολογίζεται μόνο για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων του τριτογενούς τομέα (TEE, 2017a).

Έτσι λοιπόν, καταγράφηκε στο γραφείο σύστημα με λαμπτήρες γραμμικού φωτισμού T8 ισχύος περίπου 1000 W. Όπως φαίνεται από τον πίνακα 4.12, ο συγκεκριμένος τύπος λαμπτήρα έχει πυκνότητα ισχύος φωτισμού ανά 100 lx ίση με  $4,2\text{ W/m}^2$ . Η Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 δίνει για γραφείο απαιτούμενη στάθμη φωτισμού

ίση με 500 lx ( $lm/m^2$ ). Για να πετύχουμε αυτή τη στάθμη φωτισμού χρειαζόμαστε εγκατεστημένη ισχύ φωτιστικών  $21 W/m^2$  ή 1512,84 W. Επειδή η εγκατεστημένη ισχύς είναι μικρότερη από την απαιτούμενη εισάγουμε στο πρόγραμμα την απαιτούμενη ως θεωρητικό σύστημα.

Πίνακας 4.12: Τυπικές τιμές πυκνότητας ισχύος φωτισμού ανά 100 lx, για επιθεώρηση κτιρίων (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017)

Φωτιστικά με λαμπτήρες	Πυκνότητα ισχύος ανά 100 lx [W/m <sup>2</sup> /100lx]
Απλός πυράκτωσης (έχει καταργηθεί)	27,0
Πυράκτωσης αλογόνου	16,6
Ατμών υδραργύρου (έχει καταργηθεί)	7,0
Ατμών νατρίου υψηλής πίεσης	4,2
Συμπαγής φθορισμού (συμπεριλαμβανομένου του ballast)	4,5
Γραμμικός φθορισμού T8 (halophosphate συμπεριλαμβανομένου του ηλεκτρομαγνητικού ballast)	4,2
Γραμμικός φθορισμού T8 (triphosphor συμπεριλαμβανομένου του ηλεκτρονικού ballast)	3,4
Γραμμικός φθορισμού T5 (συμπεριλαμβανομένου του ηλεκτρονικού ballast)	3,2
Ατμών μεταλλικών αλογονιδίων (συμπεριλαμβανομένου ηλεκτρομαγνητικού στραγγαλιστικού πηνίου (ballast))	5,2
Φωτοдиодοι (LED) με ενσωματωμένο driver	2,5

Επιλέξτε τα συστήματα της ζώνης: ☐ Υγρανση ☒ Μηχανικός αερισμός ☒ Ηλιακός συλλέκτης ☒ Φωτισμός

Θέρμανση | Ψύξη | Μηχανικός αερισμός | ZNX | Ηλιακός συλλέκτης | **Φωτισμός**

Εγκατεστημένη ισχύς (kW):

Περιοχή ΦΦ (%):

Αυτοματισμοί ελέγχου ΦΦ:

Αυτοματισμοί ανίχνευσης κίνησης:

Σύστημα απομάκρυνσης θερμότητας ☐

Φωτισμός ασφαλείας ☒

Σύστημα εφεδρείας ☐

Εικόνα 4.12: Εισαγωγή στο λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ. των δεδομένων για το σύστημα φωτισμού του γραφείου.

## 4.2. Εισαγωγή των δεδομένων για την κατοικία στο πρόγραμμα

### 4.2.1. Εισαγωγή των γενικών στοιχείων

Κατά ανάλογο τρόπο με την περίπτωση του γραφείου, ορίζουμε για την κατοικία:

- Μία (1) θερμική ζώνη (θερμαινόμενο χώρο) συνολικού εμβαδού 207,17 m<sup>2</sup> (ορίζουμε δηλαδή όλη την κατοικία σαν ένα θερμαινόμενο χώρο)
- Κανέναν μη θερμαινόμενο χώρο
- Κανέναν ηλιακό χώρο

Επιλέξτε τα συστήματα του κτιρίου: ☐ ΣΗΘ ☐ Φωτοβολταϊκά ☐ Ανεμογεννήτριες αστικού περιβάλλοντος

Γενικά | Υδρευση, αποχέτευση, άρδευση | Ανελκυστήρες

Περιγραφή: Υπάρχον κτίριο

Χρήση κτιρίου: Μονοκατοικία

Συνολική επιφάνεια (m<sup>2</sup>): 207.17      Συνολικός όγκος (m<sup>3</sup>): 667.01

Θερμαινόμενη επιφάνεια (m<sup>2</sup>): 207.17      Θερμαινόμενος όγκος (m<sup>3</sup>): 667.01

Ψυχόμενη επιφάνεια (m<sup>2</sup>): 207.17      Ψυχόμενος όγκος (m<sup>3</sup>): 667.01

Αριθμός ορόφων: 4      Ύψος τυπικού ορόφου (m): 3.24      Ύψος ισογείου (m):

Έκθεση κτιρίου: Ενδιάμεσο

Αριθμός θερμικών ζωνών: 1

Αριθμός μη θερμαινόμενων χώρων: 0      Αριθμός ηλιακών χώρων: 0

☒ Θερμομόνωση των κατακόρυφων δομικών στοιχείων

	Πηγή ενέργειας	Θέρμανση	Ψύξη	Αερισμός	ZNX	Φωτισμός	Συσκευές	Κατανάλωση	Μονάδες	Περίοδος κατανάλωσης
	Φυσικό αέριο	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	Nm <sup>3</sup>	00/00/00 - 01/01/10
	Ηλεκτρική	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	kWh	00/00/00 - 01/01/10
*		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			00/00/00 - 01/01/10

☐ Συνθήκες θερμικής άνεσης ☐ Συνθήκες ακουστικής άνεσης ☐ Συνθήκες οπτικής άνεσης ☐ Ποιότητα εσωτερικού αέρα

Εικόνα 4.13: Οθόνη εισαγωγής προκαταρκτικών δεδομένων στο λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ. για την περίπτωση της κατοικίας.

Ομοίως, συνεχίζουμε εισάγοντας τα απαραίτητα στοιχεία για τη θερμική ζώνη, όπως φαίνονται στην επόμενη εικόνα:

Γενικά

Χρήση: Μονοκατοικία, πολυκατοικία

Συνολική επιφάνεια (m<sup>2</sup>): 207.17      Μέση κατανάλωση ZNX (m<sup>3</sup>/έτος): 109.52      ☐ Διατάξεις αυτόματου ελέγχου ZNX

Ανηγμένη θερμοχωρητικότητα (kJ/m<sup>3</sup>K): 260

Κατηγορία διατάξεων ελέγχου και αυτοματισμών: Τύπος Δ

Διείσδυση αέρα

Διείσδυση αέρα από κουφώματα (m<sup>3</sup>/h): 252      Αριθμός καμινάδων: 1      Αριθμός θυρίδων εξαερισμού: 0

Υβριδικό σύστημα δροσισμού

Αριθμός ανεμιστήρων οροφής: 0

Εικόνα 4.14: Οθόνη εισαγωγής γενικών στοιχείων για τη θερμική ζώνη της κατοικίας στο λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ.

Σημειώνουμε εδώ ότι η μέση κατανάλωση ZNX (m<sup>3</sup>/έτος) σύμφωνα με τα όσα αναφέρονται στην παράγραφο 3.5 (σελ.38) της τεχνικής οδηγίας Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

Για την ανηγμένη θερμοχωρητικότητα επιλέγεται η τιμή  $260 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ , για φέροντα οργανισμό από σκυρόδεμα και στοιχεία πλήρωσης απο διάτρητες οπτόπλινθους.

Τέλος, ως κατηγορία διατάξεων ελέγχου και αυτοματισμών επιλέγεται η κατηγορία Δ, γιατί αν και υπάρχει αυτονομία για τις δύο χρήσεις του κτιρίου εντούτοις δεν καταγράφηκε κάποιο σύστημα αυτόματης υδραυλικής ή θερμοκρασιακής προσαρμογής του δικτύου διανομής στα θερμικά φορτία (αντιστάθμιση, κυκλοφορητές μεταβλητού σημείου λειτουργίας κ.ά.).

#### 4.2.2. Συντελεστές θερμοπερατότητας αδιαφανών δομικών στοιχείων

##### 4.2.2.1. Υπολογισμοί συντελεστών θερμοπερατότητας U για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία της κατοικίας

Ισχύουν προφανώς τα όσα αναφέρθηκαν για τα είδη των αδιαφανών δομικών στοιχείων στους υπολογισμούς για το γραφείο. Επιπλέον όμως έχουμε την οροφή και δάπεδο πυλωτής. Έτσι έχουμε:

##### Οροφή

Τύπος κατασκευής: οπλισμένο σκυρόδεμα

α/α	υλικά	Πυκνότητα ( $\text{kg/m}^3$ )	Πάχος (m)	$\lambda$ (W/mK)	$d/\lambda$ ( $\text{m}^2\text{K/W}$ )
1	επίχρισμα	1900	0,02	0,872	0,023
2	πλάκα	2400	0,14	2,035	0,069
3	μόνωση	-	0,06	0,041	1,475
4	μπετόν	800	0,10	0,345	0,286
5	στεγάνωση	1050	0,01	0,174	0,058
6	γαρμπιλομωσαϊκό	1500	0,07	0,640	0,109

Η αντίσταση θερμοδιαφυγής είναι  $R_A=2,02 \text{ m}^2\text{K/W}$ , ενώ για τις αντιστάσεις θερμικής μετάβασης ισχύει  $R_i=0,10 \text{ m}^2\text{K/W}$  και  $R_a=0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Άρα λοιπόν, ο συντελεστής θερμικής διαπερατότητας της οροφής είναι  $U=0,463 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

##### Δάπεδο σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα

Τύπος κατασκευής: οπλισμένο σκυρόδεμα

α/α	Υλικά	Πυκνότητα (kg/m <sup>3</sup> )	Πάχος (m)	λ (W/mK)	d/λ (m <sup>2</sup> K/W)
1	μάρμαρο	-	0,02	3,489	0,006
2	ασβεστοκονίαμα	-	0,03	0,087	0,344
3	γαρμπιλοσκυρόδεμα	-	0,06	0,064	0,094
4	πλάκα	2400	0,15	2,035	0,074
5	μόνωση	-	0,06	0,041	1,475
6	επίχρισμα	1900	0,02	0,087	0,023

Ομοίως, είναι  $R_L = 2,016 \text{ m}^2\text{K/W}$  η αντίσταση θερμικής μετάβασης. Για  $R_i = 0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$  και  $R_a = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ , ο συντελεστής θερμοπερατότητας είναι  $U = 0,449 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Έτσι, μπορούμε να εισάγουμε τα δεδομένα για τα αδιαφανή δομικά στοιχεία της κατοικίας, όπως φαίνεται στις δύο επόμενες εικόνες:

	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	a* (°)	ε* (°)	F <sub>hor_h</sub> (-)	F <sub>hor_c</sub> (-)	F <sub>ov_h</sub> (-)	F <sub>ov_c</sub> (-)	F <sub>fin_h</sub> (-)	F <sub>fin_c</sub> (-)
1	Ταίχος	ΒΔ (1ος Ορ. Φ.οργ. και Ταυχ.)	315	90	15.03	0.559	0.40	0.80	1	1	0.9	1	1	0.9
2	Μεσοταιμία	ΝΔ			48.12									
3	Μεσοταιμία	ΝΑ			14.10									
4	Ταίχος	ΒΑ	45	90	31.84	0.559	0.4	0.8	1	1	0.9	1	1	0.9
5	Ταίχος	ΒΑ (επαφή με θάλαμο)	45	90	4.61	0.266	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0
6	Ταίχος	ΝΑ (επαφή με θάλαμο)	135	90	4.88	0.266	0.4	0.8	0	0	0	0	0	0
7	Ταίχος	Β	0	90	7.55	0.559	0.4	0.8	1	1	0.9	1	1	0.9
8	Οροφή	Κεραμοσκεπή	0	0	3.58	0.463	0.60	0.80	1	1	0.9	1	1	0.9
9	Πόρτα	ΒΑ Ξύλινη	45	90	2.4	3.5	0.60	0.90	0.98	0.96	0.57	0.55	0.81	0.66
10	Ταίχος	ΒΔ (2ος Ορ. Φ.οργ. και ταυχ.)	315	90	7.25	0.559	0.4	0.8	1	1	0.9	1	1	0.9
11	Μεσοταιμία	ΝΔ			44.56									
12	Μεσοταιμία	ΝΑ			14.10									
13	Ταίχος	ΒΑ	45	90	30.52	0.559	0.4	0.8	1	1	0.9	1	1	0.9
14	Ταίχος	Β	0	90	4.63	0.559	0.4	0.8	1	1	0.9	1	1	0.9
15	Οροφή		0	0	26.02	0.463	0.65	0.80	1	1	0.9	1	1	0.9

Εικόνα 4.15: Δεδομένα για τις αδιαφανείς επιφάνειες της κατοικίας στο λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ.

	Τύπος	Περιγραφή	γ (deg)	β (deg)	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	a* (°)	ε* (°)	F <sub>hor_h</sub> (-)	F <sub>hor_c</sub> (-)	F <sub>ov_h</sub> (-)	F <sub>ov_c</sub> (-)	F <sub>fin_h</sub> (-)	F <sub>fin_c</sub> (-)
16	Ταίχος	ΒΔ (3ος Ορ. Φ. Οργ. και	315	90	12.7	0.559	0.4	0.8	1	1	0.9	1	1	0.9
17	Ταίχος	ΝΔ	225	90	43.67	0.559	0.4	0.8	1	1	0.9	1	1	0.9
18	Ταίχος	ΝΑ	135	90	7.32	0.559	0.4	0.8	1	1	0.9	1	1	0.9
19	Ταίχος	ΒΑ	45	90	30.16	0.559	0.4	0.8	1	1	0.9	1	1	0.9
20	Ταίχος	Β	0	90	5.88	0.559	0.4	0.8	1	1	0.9	1	1	0.9
21	Ταίχος	ΝΔ (4ος Ορ. Φ. οργ. και Ταυχ.)	225	90	12.51	0.559	0.4	0.8	1	1	0.9	1	1	0.9
22	Ταίχος	ΝΑ	135	90	10.32	0.559	0.4	0.8	1	1	0.9	1	1	0.9
23	Ταίχος	ΒΑ	45	90	14.02	0.559	0.4	0.8	1	1	0.9	1	1	0.9
24	Ταίχος	ΒΔ	315	90	4.52	0.559	0.4	0.8	1	1	0.9	1	1	0.9
25	Ταίχος	ΝΑ	135	90	3.44	0.559	0.4	0.8	1	1	0.9	1	1	0.9
26	Οροφή	Οροφή	135	13	19.44	0.463	0.60	0.80	1	1	0.9	1	1	0.9
27	Οροφή	Οροφή ανεγκ.	0	0	1.62	0.463	0.65	0.80	1	1	0.9	1	1	0.9
28	Πυλωτή	Πυλωτή	0	180	9.15	0.449	0.65	0.80	1	1	0.9	1	1	0.9
29	Οροφή	Οροφή	315	13	34.78	0.463	0.6	0.8	1	1	0.9	1	1	0.9

Εικόνα 4.16: Δεδομένα για τις αδιαφανείς επιφάνειες της κατοικίας στο λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ. (συνέχεια της εικόνας 4.15)

Βλέπουμε ότι για εξωτερική τοιχοποιία σε επαφή με τον εξωτερικό αέρα το μέγιστο όριο του Κ.Εν.Α.Κ. είναι  $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ενώ το κτίριό μας έχει συντελεστή θερμοπερατότητας  $0,559 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Για την οροφή το μέγιστο όριο του Κ.Εν.Α.Κ. είναι  $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ενώ εμείς έχουμε υπολογίσει  $0,463 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Παρά λοιπόν το ότι το κτίριο χτίστηκε πριν την ισχύ του Κ.Εν.Α.Κ., οι τιμές του  $U$  είναι πολύ κοντά στα όρια που θέτει ο κανονισμός ενεργειακής απόδοσης κτιρίων (ΤΕΕ, 2017a).

#### **4.2.2.2. Συντελεστές σκίασης αδιαφανών δομικών στοιχείων κατοικίας**

Για τα κατακόρυφα δομικά στοιχεία εργαζόμαστε όπως και στην περίπτωση του γραφείου, δηλαδή επιλέγουμε συνολικό συντελεστή σκίασης 0,9 αφού έχουμε συντελεστή θερμοπερατότητας μικρότερο του  $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Η ίδια απλοποιητική διαδικασία μπορεί να ακολουθηθεί και για τις οριζόντιες ή κεκλιμένες επιφάνειες. Επιλέγουμε δηλαδή συνολικό συντελεστή σκίασης ίσο με 0,9, όπως φαίνεται στις εικόνες 4.15 και 4.16.

#### **4.2.3. Διαφανείς επιφάνειες κατοικίας**

##### **4.2.3.1. Συντελεστές θερμοπερατότητας διαφανών επιφανειών**

Όπως και στο γραφείο, έτσι και εδώ έχουμε ανοιγόμενα κουφώματα αλουμινίου με διπλούς υαλοπίνακες 12 mm, χωρίς θερμοδιακοπή και ποσοστό πλαισίου επί κουφώματος 20%. Για αυτά τα δεδομένα από τον πίνακα 4.1 έχουμε συντελεστή θερμοπερατότητας  $U=3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Από τον αντίστοιχο πίνακα της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 (σελ. 54) βλέπουμε ότι η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή του συντελεστή θερμοπερατότητας για τα ανοίγματα στην κλιματική ζώνη Β είναι  $3,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Εισάγουμε λοιπόν τα δεδομένα για τα ανοίγματα όπως φαίνονται στις εικόνες 4.17 και 4.18.

	Τύπος	Περιγραφή	$\gamma$ (deg)	$\beta$ (deg)	Εμβαδόν (m <sup>2</sup> )	Τύπος ανοίγματος*	U (W/m <sup>2</sup> K)	g <sub>w</sub> (-)
1	Ανοιγόμενο κούφωμα	BA (1ος Ορ.)	45	90	2.16	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
2	Ανοιγόμενο κούφωμα		45	90	0.72	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
3	Ανοιγόμενο κούφωμα		45	90	1.68	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
4	Ανοιγόμενο κούφωμα	B	0	90	3.6	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
5	Ανοιγόμενο κούφωμα	BA (2ος Ορ.)	45	90	3.36	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
6	Ανοιγόμενο κούφωμα		45	90	2.88	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
7	Μη ανοιγόμενο κούφωμα	Υαλότουβλα	45	90	1.44		3.5	0.27
8	Ανοιγόμενο κούφωμα		45	90	1.68	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
9	Ανοιγόμενο κούφωμα	B	0	90	3.6	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
10	Ανοιγόμενο κούφωμα	ΒΔ	315	90	1.68	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
11	Ανοιγόμενο κούφωμα	NA (3ος Ορ.)	135	90	2.56	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
12	Ανοιγόμενο κούφωμα	NA	135	90	1.87	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
13	Ανοιγόμενο κούφωμα		135	90	1.04	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
14	Ανοιγόμενο κούφωμα	BA	45	90	1.2	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54

Εικόνα 4.17: Δεδομένα για τις διαφανείς επιφάνειες της κατοικίας.

15	Μη ανοιγόμενο κούφωμα	Υαλότουβλα	45	90	1.44		3.5	0.27
16	Ανοιγόμενο κούφωμα		45	90	1.68	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
17	Ανοιγόμενο κούφωμα	B	0	90	3.6	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
18	Ανοιγόμενο κούφωμα	ΒΔ	315	90	2.88	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
19	Ανοιγόμενο κούφωμα	BA (4ος Ορ.)	45	90	1.08	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
20	Ανοιγόμενο κούφωμα		45	90	1.08	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54
21	Ανοιγόμενο κούφωμα	NA	135	90	1.44	Μεταλλικό χωρίς θ.δ. 20% Δίδυμος με διάκενο αέρα 12mm	3.7	0.54

Εικόνα 4.18: Δεδομένα για τις διαφανείς επιφάνειες της κατοικίας (συνέχεια της εικόνας 4.17)

#### 4.2.3.2. Συντελεστές σκίασης για τις διαφανείς επιφάνειες της κατοικίας

Εργαζόμαστε όπως εργαστήκαμε και για το γραφείο. Για κάθε άνοιγμα ξεχωριστά υπολογίζουμε τον εκάστοτε συντελεστή σκίασης (συντελεστής σκίασης ορίζοντα, συντελεστής σκίασης από προβόλους, συντελεστής σκίασης από πλευρικές προεξοχές) και τον εισάγουμε στο πρόγραμμα.

#### 4.2.4. Συστήματα κατοικίας

##### 4.2.4.1. Σύστημα θέρμανσης

Το ίδιο σύστημα θέρμανσης εξυπηρετεί προφανώς και την κατοικία. Θυμίζουμε ότι έχουμε μονάδα λέβητα-καυστήρα φυσικού αερίου ονομαστικής ισχύος 74950 kcal/h ή 87,17 kW που χρησιμοποιείται και για παραγωγή ζεστού νερού χρήσης.

Η ισχύς του δικτύου διανομής παραμένει η ίδια ίση με 74,20 kW με διέλευση κυρίως σε εσωτερικούς χώρους (ένας κλάδος του δικτύου διανομής εξυπηρετεί το γραφείο και την κατοικία). Καταγράφηκαν δεκαεπτά (17) θερμαντικά σώματα ακτινοβολίας με  $\eta_{em,t}=0,85$ , ενώ ως βοηθητική μονάδα έχουμε έναν κυκλοφορητή 330 W. Στο πρόγραμμα εισάγουμε επιμερισμένη την ισχύ του αφού εξυπηρετεί και το γραφείο. Ο

επιμερισμός γίνεται με την θερμαινόμενη επιφάνεια της κατοικίας προς τη συνολική θερμαινόμενη επιφάνεια του κτιρίου. Έτσι έχουμε:

Επιλέξτε τα συστήματα της ζώνης: ☐ Υγρασία ☐ Μηχανικός αερισμός ☒ Ηλιακός συλλέκτης ☐ Φωτισμός

Θέρμανση | Ψύξη | ΖΝΧ | Ηλιακός συλλέκτης

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. Αν. (-)	COP (-)	Ιαν (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
▶ 1	Λέβητας	Φυσικό αέριο	87.17	0.5992	1.0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
* 2				1	1												

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. Αν. (-)	Μόνωση
▶ 1	Δίκτυο διανομής θερμού μέσου	74.20	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.89	<input type="checkbox"/>
2	Αεραγωγοί				<input type="checkbox"/>

Τερματικές μονάδες

	Τύπος	B. Αν. (-)
▶ 1	Καλοριφέρ	0.85

Βοηθητικές μονάδες

	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
▶ 1	Κυκλοφορητές	1	0.245
2	Κυκλοφορητές	1	0.0
* 3		1	0

Εικόνα 4.19: Δεδομένα για σύστημα θέρμανσης κατοικίας στο λογισμικό TEE-K.Ev.A.K.

#### 4.2.4.2. Σύστημα ψύξης

Η κατοικία διαθέτει έξι (6) τοπικές αντλίες θερμότητας ισχύος 2,55 kW η κάθε μία. Ο δείκτης αποδοτικότητας EER θεωρείται ίσος με 2,0 για συστήματα δεκαετίας. Ο βαθμός απόδοσης των τερματικών μονάδων υπολογίζεται όπως και για το γραφείο και είναι  $\eta_{em,t}=0,959$ . Έχουμε επομένως:

Επιλέξτε τα συστήματα της ζώνης: ☐ Υγρασία ☐ Μηχανικός αερισμός ☒ Ηλιακός συλλέκτης ☐ Φωτισμός

Θέρμανση | Ψύξη | ΖΝΧ | Ηλιακός συλλέκτης

Παραγωγή

	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	B. Αν. (-)	EER (-)	Ιαν (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Απρ (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
▶ 1	Αερόψυκτη Α.Θ.	Ηλεκτρισμός	15.3	1.0	2	0	0	0	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	0
* 2				1	1												

Δίκτυο διανομής

	Τύπος	Ισχύς (kW)	Χώρος διέλευσης	B. Αν. (-)	Μόνωση
▶ 1	Δίκτυο διανομής ψυχρού μέσου			1	<input type="checkbox"/>
2	Αεραγωγοί				<input type="checkbox"/>

Τερματικές μονάδες

	Τύπος	B. Αν. (-)
▶ 1		0.959

Βοηθητικές μονάδες

	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
* 1		1	0

Εικόνα 4.20: Δεδομένα για τα συστήματα ψύξης της κατοικίας.

#### 4.2.4.3. Συστήματα για ζεστό νερό χρήσης (Ζ.Ν.Χ.)

Στην περίπτωση μας, έχουμε σύστημα διπλής ενέργειας (λέβητα φυσικού αερίου με ηλεκτρική αντίσταση) οπότε ακολουθούμε την εξής διαδικασία: ο λέβητας καταγράφεται ως το μοναδικό συμβατικό σύστημα που καλύπτει τις ανάγκες σε Ζ.Ν.Χ. κατά τη χειμερινή περίοδο (χρόνος λειτουργίας της θέρμανσης για την κλιματική ζώνη



B), ενώ η ηλεκτρική αντίσταση καταγράφεται ως το μόνο συμβατικό σύστημα που καλύπτει τις ανάγκες σε Ζ.Ν.Χ. κατά τη θερινή περίοδο.

### Παραγωγή

Όπως αναφέραμε έχουμε μονάδα λέβητα-καυστήρα φυσικού αερίου για θέρμανση και παραγωγή Ζ.Ν.Χ. Έτσι, εισάγουμε στο πρόγραμμα την ισχύ 87,17 kW και βαθμό απόδοσης την τιμή 0,5992 (οι τιμές αυτές υπολογίστηκαν αναλυτικά στην ενότητα 4.1.4.1. για το σύστημα θέρμανσης του γραφείου).

Επίσης, τους μήνες που δεν λειτουργεί η κεντρική μονάδα θέρμανσης λειτουργούν δύο ηλεκτρικοί θερμαντήρες ισχύος 4 kW ο καθένας και με βαθμό απόδοσης ίσο με 1,0.

### Δίκτυο διανομής

Απο τον παρακάτω πίνακα επιλέγουμε το ποσοστό των απωλειών του δικτύου διανομής. Για ημερήσια παραγωγή 200 lt ζεστού νερού, διέλευση σε εσωτερικούς χώρους, δίκτυο διανομής με ανακυκλοφορία και ανεπαρκή μόνωση επιλέγουμε ποσοστό απωλειών 25,6 %.

Πίνακας 4.13: Ποσοστό απωλειών (%) του δικτύου διανομής για ζεστό νερό χρήσης (45°C) (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017)

	Χωρίς ανακυκλοφορία			Με ανακυκλοφορία		
Ημερήσια ζήτηση Ζ.Ν.Χ. [σε ℓ]	Μόνωση* κτηρίου αναφοράς	Ανεπαρκής μόνωση	Χωρίς μόνωση	Μόνωση κτηρίου αναφοράς	Ανεπαρκής μόνωση	Χωρίς μόνωση
50 - 200	8,0	16,0	28,0	12,8	25,6	44,8
200 - 1000	7,7	15,4	27,0	12,4	24,8	43,4
1000 - 4000	7,5	15,0	26,3	12,1	24,2	42,4
4000 - 7000	7,3	14,6	25,6	11,8	23,6	41,3
>7000	7,0	14,0	25,4	11,5	23,0	40,3

### Σύστημα αποθήκευσης

Οι θερμικές απώλειες λόγω του εναλλάκτη θερμότητας τοπικών ή κεντρικών θερμαντήρων (boiler) λαμβάνονται κατά μέσο όρο 5 % επί της συνολικής θερμικής ενέργειας για ζεστό νερό χρήσης. Επιπλέον λαμβάνονται πλευρικές θερμικές απώλειες 2 % επί της συνολικής θερμικής ενέργειας για Ζ.Ν.Χ. για τοποθέτηση σε εσωτερικό χώρο. Επομένως, ο συνολικός συντελεστής θερμικών απωλειών είναι το άθροισμα των δύο επιμέρους συντελεστών θερμικών απωλειών. Έτσι έχουμε βαθμό απόδοσης του συστήματος αποθήκευσης 0,93.

## Βοηθητικές μονάδες

Καταγράφηκε ύστερα από αυτοψία στο λεβητοστάσιο ένας κυκλοφορητής ισχύος 132 W και δύο κυκλοφορητές ισχύος 62 W ο καθένας.

Παραγωγή																
	Τύπος	Πηγή ενέργειας	Ισχύς (kW)	Β. Απ. (-)	Ιαν (-)	Φεβ (-)	Μαρ (-)	Αпр (-)	Μαι (-)	Ιουν (-)	Ιουλ (-)	Αυγ (-)	Σεπ (-)	Οκτ (-)	Νοε (-)	Δεκ (-)
▶ 1	Λέβητας	Φυσικό αέριο	87.17	0.6992	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
2	Τοπικός ηλεκτρικός θερμαντήρας	Ηλεκτρισμός	8	1.0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
* 3				1												

Δίκτυο διανομής				
	Τύπος	Ανακαλοφορία	Χώρος διέλευσης	Β. Απ. (-)
▶ 1		<input checked="" type="checkbox"/>	Εσωτερικοί ή έως και 20% σε	0.744

Σύστημα αποθήκευσης		
	Τύπος	Β. Απ. (-)
▶ 1	Κεντρικός θερμαντήρας	0.93

Βοηθητικές μονάδες			
	Τύπος	Αρ. (-)	Ισχύς (kW)
1	Κυκλοφορητές	1	0.132
2	Κυκλοφορητές	1	0.062
3	Κυκλοφορητές	1	0.062

Εικόνα 4.21: Δεδομένα για εγκαταστάσεις Ζ.Ν.Χ.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΜΕ ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ «ΤΕΕ – Κ.Εν.Α.Κ.»

Τα αποτελέσματα εμφανίζονται για το υπάρχον κτίριο και το κτίριο αναφοράς. Οι τελικές χρήσεις που εμφανίζονται στις οθόνες των αποτελεσμάτων είναι θέρμανση, ψύξη, Ζ.Ν.Χ. και για τα κτίρια του τριτογενή τομέα φωτισμός, αερισμού).

### 5.1. Αποτελέσματα γραφείου

#### 5.1.1. Ενεργειακές απαιτήσεις γραφείου

Προκύπτουν οι ακόλουθες ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη κατά τη διάρκεια του έτους.

Υπάρχον κτίριο														
	Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση		6,2	4,4	2,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	4,3	18,0
Ψύξη		0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	8,5	16,4	14,6	2,2	0,0	0,0	0,0	43,3
Υγρανση		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZNΧ		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Εικόνα 5.1: Ενεργειακές απαιτήσεις γραφείου

Κτίριο αναφοράς														
	Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση		6,5	4,7	2,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	4,6	19,2
Ψύξη		0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	8,6	16,2	14,3	2,1	0,0	0,0	0,0	42,9
Υγρανση		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZNΧ		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

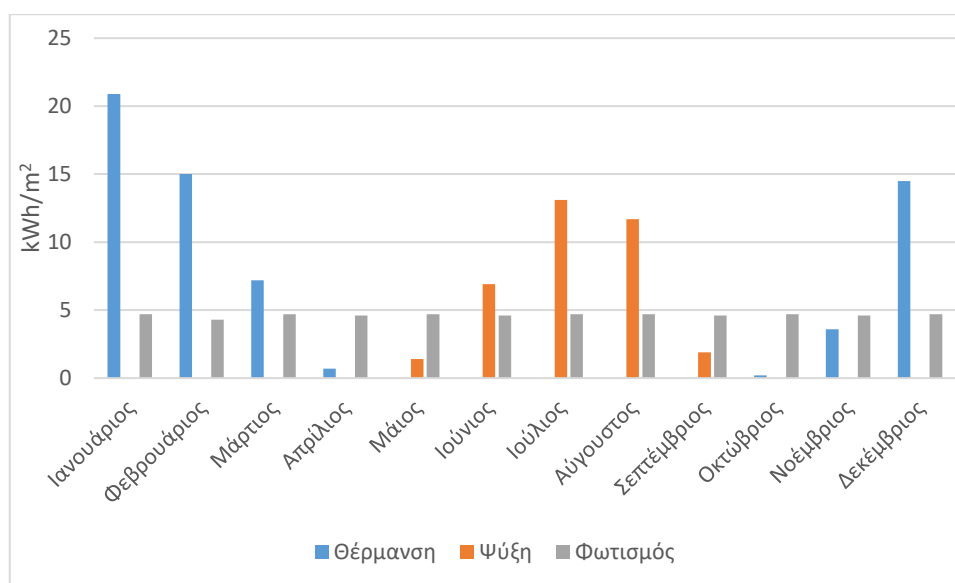
Εικόνα 5.1: Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου αναφοράς

Βλέπουμε ότι το υπάρχον κτίριο έχει μικρότερες απαιτήσεις σε θέρμανση με 18 kWh/m<sup>2</sup> έναντι 19,2 kWh/m<sup>2</sup> του κτιρίου αναφοράς. Αντίθετα, έχει μεγαλύτερες απαιτήσεις σε ψύξη με 43,3 kWh/m<sup>2</sup>, ενώ το κτίριο αναφοράς απαιτεί 42,9 kWh/m<sup>2</sup>.

### 5.1.2. Ενεργειακές καταναλώσεις γραφείου

Υπάρχον κτίριο														
	Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	6,2	4,4	2,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	4,3	18,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	8,5	16,4	14,6	2,2	0,0	0,0	0,0	43,3
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	20,9	15,0	7,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,6	14,5	62,1
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	6,9	13,1	11,7	1,9	0,0	0,0	0,0	35,1
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	4,7	4,3	4,7	4,6	4,7	4,6	4,7	4,7	4,6	4,7	4,6	4,7	55,6
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	25,6	19,3	11,9	5,3	6,1	11,5	17,9	16,5	6,5	4,9	8,1	19,3	152,8
	Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m²)		Εκπομπές CO2 (kg/m²)										
►	Ηλεκτρισμός	93,3		92,3										
	Πετρέλαιο	0,0		0,0										
	Φυσικό αέριο	59,5		11,7										
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0		0,0										
	Ηλιακή	0,0		0,0										
	Βιομάζα	0,0		0,0										
	Γεωθερμία	0,0		0,0										
	Άλλο ΑΠΕ	0,0		0,0										
	Σύνολο	152,8		103,9										

Εικόνα 5.3: Αποτελέσματα ενεργειακών καταναλώσεων γραφείου



Εικόνα 5.4: Διάγραμμα μηνιαίων ενεργειακών καταναλώσεων γραφείου (kWh/m<sup>2</sup>) (Ιδία επεξεργασία)

Κτίριο αναφοράς														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση		6,5	4,7	2,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	4,6	19,2
Ψύξη		0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	8,6	16,2	14,3	2,1	0,0	0,0	0,0	42,9
Υγρανση		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΖΝΧ		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση		9,0	6,6	3,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,7	6,5	27,8
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη		0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	3,6	6,5	5,8	1,0	0,0	0,0	0,0	17,7
ΖΝΧ		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός		3,6	3,3	3,6	3,5	3,6	3,5	3,6	3,6	3,5	3,6	3,5	3,6	42,6
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο		12,6	9,8	7,0	3,9	4,4	7,1	10,2	9,4	4,5	3,8	5,2	10,2	88,1
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )		Εκπομπές CO2 (kg/m <sup>2</sup> )										
► Ηλεκτρισμός		62,7		62,0										
Πετρέλαιο		25,5		6,7										
Φυσικό αέριο		0,0		0,0										
Άλλα ορυκτά καύσιμα		0,0		0,0										
Ηλιακή		0,0		0,0										
Βιομάζα		0,0		0,0										
Γεωθερμία		0,0		0,0										
Άλλο ΑΠΕ		0,0		0,0										
Σύνολο		88,1		68,7										

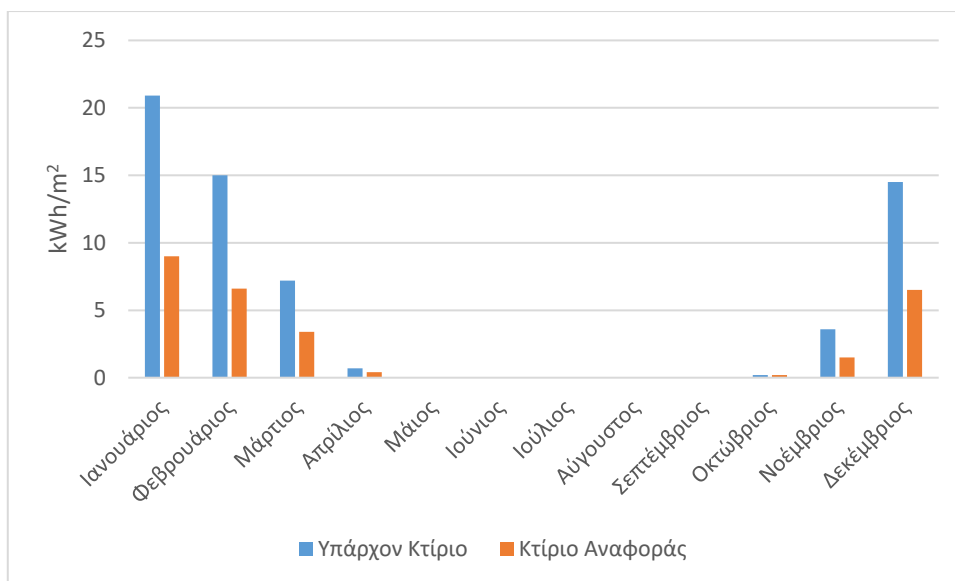
Εικόνα 5.5: Αποτελέσματα ενεργειακών καταναλώσεων κτιρίου αναφοράς

Οι συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές μεταξύ του υπάρχοντος κτιρίου και του κτιρίου αναφοράς. Συγκεκριμένα, για το υπάρχον κτίριο έχουμε συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις 152,8 kWh/m<sup>2</sup>, ενώ για το κτίριο αναφοράς είναι 88,1 kWh/m<sup>2</sup>.

**Θέρμανση:** Το υπάρχον κτίριο καταναλώνει 62,1 kWh/m<sup>2</sup> έναντι 27,8 kWh/m<sup>2</sup> του κτιρίου αναφοράς. Η διαφορά αυτή οφείλεται στον καλύτερο βαθμό απόδοσης που έχει το σύστημα θέρμανσης του κτιρίου αναφοράς (0,934 έναντι 0,5992 του υπάρχοντος κτιρίου), στις μικρότερες απώλειες του δικτύου διανομής και στον καλύτερο βαθμό απόδοσης των τερματικών μονάδων.

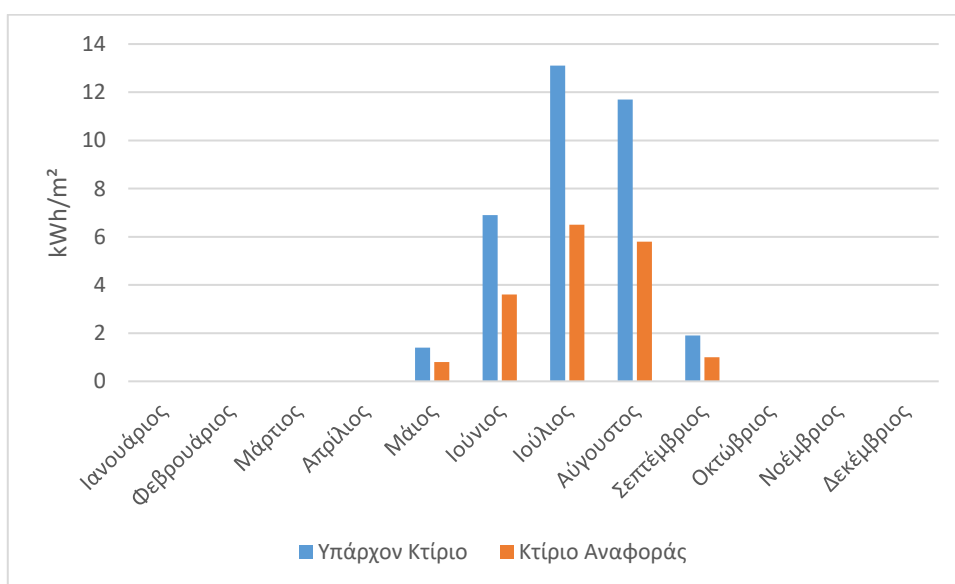
Επίσης, ρόλο παίζει και ο καλύτερος συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων (διαφανών και αδιαφανών) που έχει το κτίριο αναφοράς. Ο συντελεστής θερμοπερατότητας των δομικών στοιχείων για το κτίριο αναφοράς ορίζεται ως ο μέγιστος επιτρεπόμενος για την κλιματική ζώνη. Όπως είδαμε, για το εξεταζόμενο κτίριο οι συντελεστές θερμοπερατότητας ήταν μεγαλύτεροι από τους μέγιστους επιτρεπόμενους.

Τέλος, τα κουφώματα του κτιρίου αναφοράς διαθέτουν καλύτερη αεροστεγανότητα από τα κουφώματα του εξεταζόμενου κτιρίου (5,5 (m<sup>3</sup>/h)/m<sup>2</sup> έναντι 6,8 (m<sup>3</sup>/h)/m<sup>2</sup>).



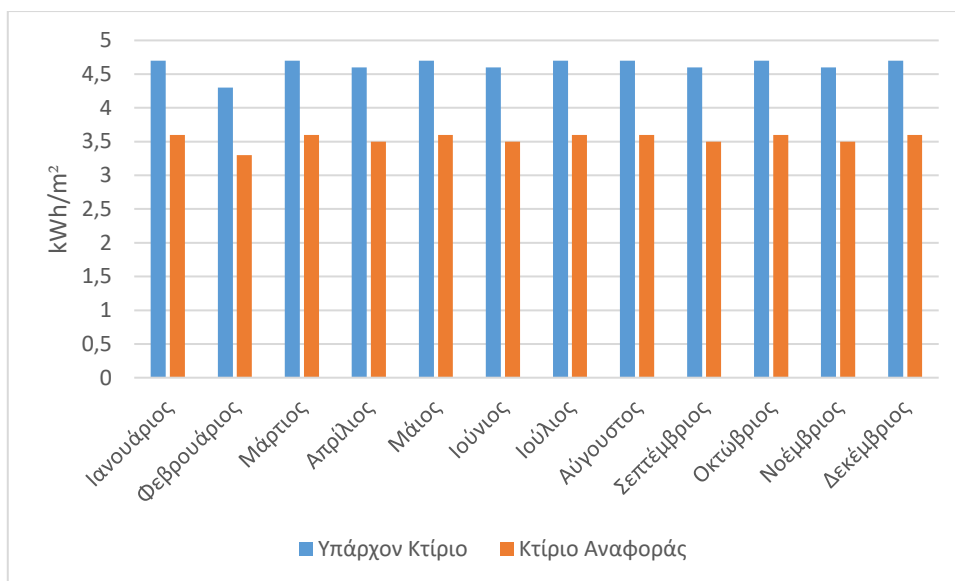
Εικόνα 5.6: Σύγκριση μηνιαίων καταναλώσεων για θέρμανση κτιρίου αναφοράς – υπάρχοντος κτιρίου (kWh/m²) (ίδια επεξεργασία)

**Ψύξη:** Για την ψύξη το γραφείο καταναλώνει 35,1 kWh/m², ενώ το κτίριο αναφοράς 17,7 kWh/m². Το σύστημα ψύξης του κτιρίου αναφοράς έχει βαθμό ενεργειακής απόδοσης EER=2,8, έναντι EER=2 για το τοπικά κλιματιστικά του γραφείου. Φυσικά και εδώ παίζουν ρόλο οι διαφορές στην αεροστεγανότητα και τη μόνωση του κελύφους.



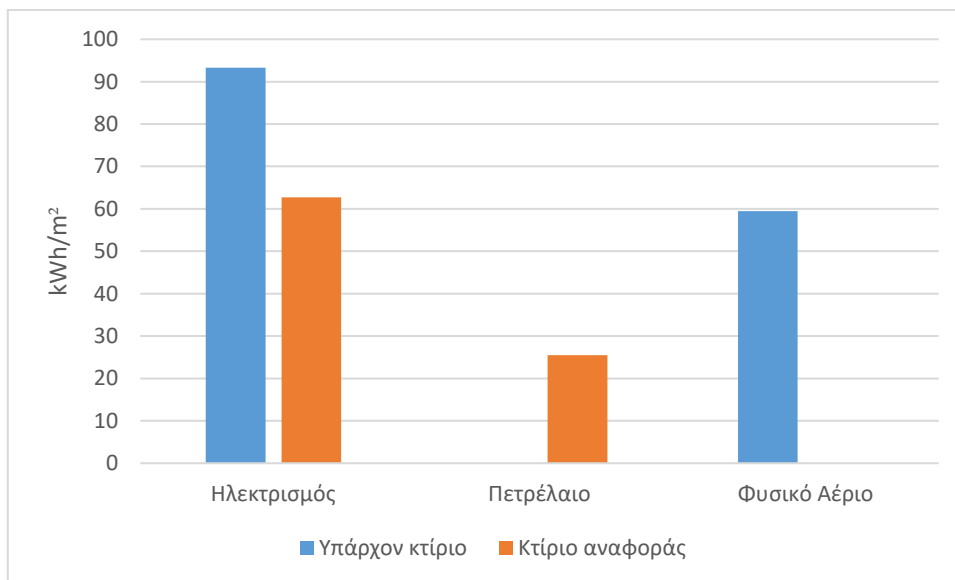
Εικόνα 5.7: Σύγκριση μηνιαίων ενεργειακών καταναλώσεων για ψύξη μεταξύ κτιρίου αναφοράς και υπάρχοντος κτιρίου (ίδια επεξεργασία)

**Φωτισμός:** Για τον φωτισμό, το γραφείο καταναλώνει 55,6 kWh/m² έναντι 42,6 kWh/m² του κτιρίου αναφοράς. Για να έχουμε την απαιτούμενη στάθμη φωτισμού (500lx) στον χώρο του γραφείου απαιτείται ισχύς φωτισμού 21 W/m² (για τον τύπο των ήδη εγκατεστημένων λαμπτήρων), ενώ για την τεχνολογία των λαμπτήρων του κτιρίου αναφοράς απαιτούνται 16 W/m².



Εικόνα 5.8: Σύγκριση μηνιαίων ενεργειακών καταναλώσεων για φωτισμό μεταξύ υπάρχοντος κτιρίου και κτιρίου αναφοράς (Ιδία επεξεργασία)

Οι καταναλώσεις καυσίμων για το υπάρχον κτίριο υπολογίζονται βάσει των ενεργειακών καταναλώσεων. Έτσι, η κατανάλωση σε ηλεκτρισμό ( $93,3 \text{ kWh/m}^2$ ) προκύπτει από το άθροισμα των καταναλώσεων σε ψύξη, φωτισμό και βοηθητικών συστημάτων θέρμανσης (π.χ. κυκλοφορητής). Η κατανάλωση σε φυσικό αέριο προκύπτει από την κατανάλωση σε θέρμανση.



Εικόνα 5.9: Διάγραμμα καταναλώσεων καυσίμων για το υπάρχον κτίριο και το κτίριο αναφοράς (ιδία επεξεργασία)

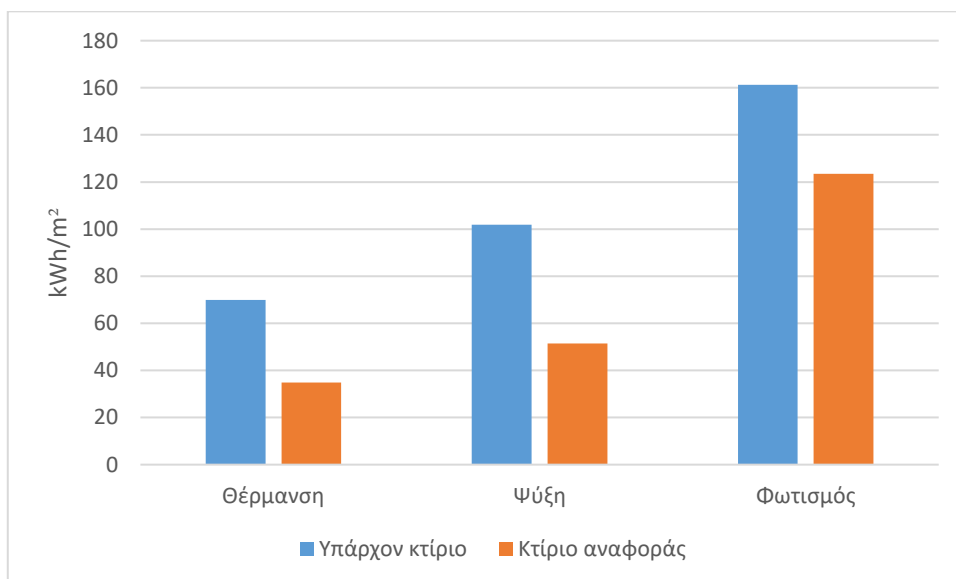
Σημειώνεται ακόμα ότι οι εκπομπές  $\text{CO}_2$  είναι  $103,9 \text{ kg/m}^2$  για το υπάρχον κτίριο έναντι  $68,7 \text{ kg/m}^2$  για το κτίριο αναφοράς.

### 5.1.3. Ενεργειακή κατάταξη γραφείου

Με βάση τις καταναλώσεις των καυσίμων και τους αντίστοιχους συντελεστές πρωτογενούς ενέργειας υπολογίζεται η πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση ( $\text{kWh/m}^2$ ) τόσο για το υπάρχον κτίριο όσο και για το κτίριο αναφοράς. Έτσι έχουμε:

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο
►	Θέρμανση	34,8	69,9
	Ψύξη	51,4	101,8
	ΖΝΧ	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	161,2
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0
	Σύνολο	209,7	333,0
	Κατάταξη	-	Δ

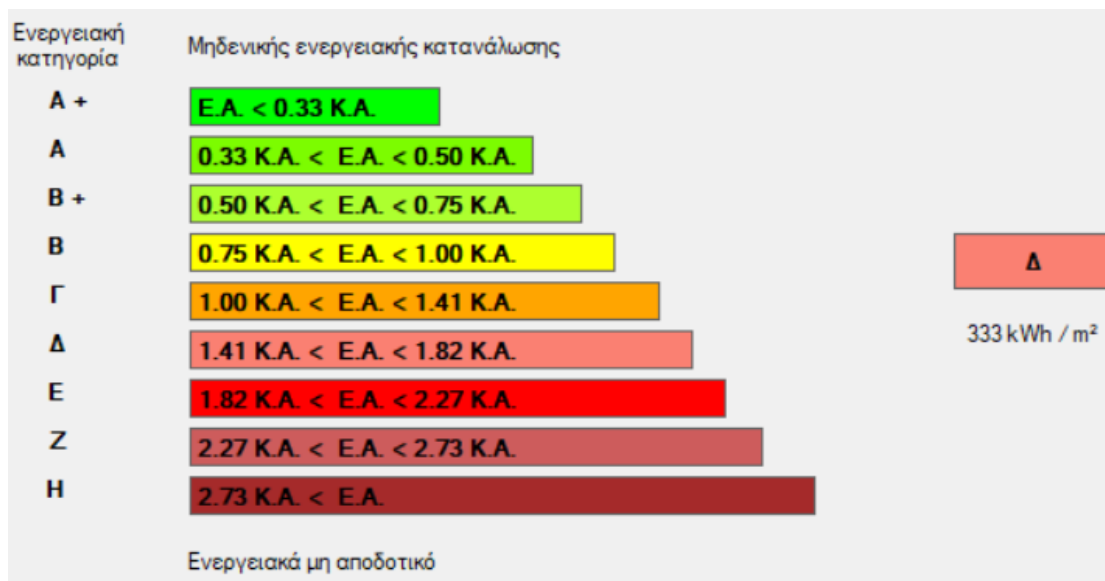
Εικόνα 5.10: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για το γραφείο



Εικόνα 5.11: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση για το υπάρχον κτίριο και το κτίριο αναφοράς (ιδία επεξεργασία)

Βάσει του λόγου των δύο συνολικών καταναλώσεων προκύπτει η ενεργειακή κατάταξη του γραφείου, που αντιστοιχεί στην ενεργειακή κατηγορία Δ.





Εικόνα 5.12: Ενεργειακή κατάταξη γραφείου

Πίνακας 5.1: Συντελεστές αναγωγής της κατανάλωσης ενέργειας του κτιρίου σε πρωτογενή ενέργεια (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017)

Πηγή ενέργειας	Συντελεστής μετατροπής σε πρωτογενή ενέργεια	Εκλυόμενοι ρύποι ανά μονάδα ενέργειας (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Φυσικό αέριο	1,05	0,196
Πετρέλαιο θέρμανσης	1,10	0,264
Ηλεκτρική ενέργεια	2,9	0,989
Υγραέριο	1,05	0,238
Βιομάζα	1,00	---
Τηλεθέρμανση από θερμικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής	0,7	0,347
Τηλεθέρμανση από ΑΠΕ	0,5	---

## 5.2. Αποτελέσματα κατοικίας

### 5.2.1. Ενεργειακές απαιτήσεις κατοικίας

Με βάση τα στοιχεία για το κέλυφος (αδιαφανείς και διαφανείς επιφάνειες) που εισήχθησαν στο λογισμικό «ΤΕΕ-Κ.Εν.Α.Κ.», προκύπτουν οι ενεργειακές απαιτήσεις για θέρμανση και ψύξη κατά τη διάρκεια του έτους.

Υπάρχον κτίριο															
	Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο	
►	Θέρμανση	12,3	9,3	6,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	9,8	41,6	
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	13,2	18,1	16,0	3,1	0,0	0,0	0,0	52,9	
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	ΖΝΧ	1,8	1,6	1,7	1,5	1,4	1,1	1,0	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	16,8	

Εικόνα 5.13: Ενεργειακές απαιτήσεις κατοικίας

Κτίριο αναφοράς														
	Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση		10,4	7,7	4,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	8,2	34,2
Ψύξη		0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	13,9	18,3	16,1	3,3	0,0	0,0	0,0	54,4
Υγρανση		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZNX		1,8	1,6	1,7	1,5	1,4	1,1	1,0	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	16,8

Εικόνα 5.14: Ενεργειακές απαιτήσεις κτιρίου αναφοράς

Οι ενεργειακές απαιτήσεις της κατοικίας σε θέρμανση είναι 41,6 kWh/m<sup>2</sup>, ενώ για το κτίριο αναφοράς είναι 34,2 kWh/m<sup>2</sup>. Αντίθετα για ψύξη, το εξεταζόμενο κτίριο απαιτεί 52,9 kWh/m<sup>2</sup>, έναντι 52,9 kWh/m<sup>2</sup> του κτιρίου αναφοράς. Για ζεστό νερό χρήσης βλέπουμε ότι έχουν τις ίδιες ενεργειακές απαιτήσεις.

### 5.2.2. Ενεργειακές καταναλώσεις κατοικίας

Υπάρχον κτίριο														
	Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση		12,3	9,3	6,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	9,8	41,6
Ψύξη		0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	13,2	18,1	16,0	3,1	0,0	0,0	0,0	52,9
Υγρανση		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZNX		1,8	1,6	1,7	1,5	1,4	1,1	1,0	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	16,8

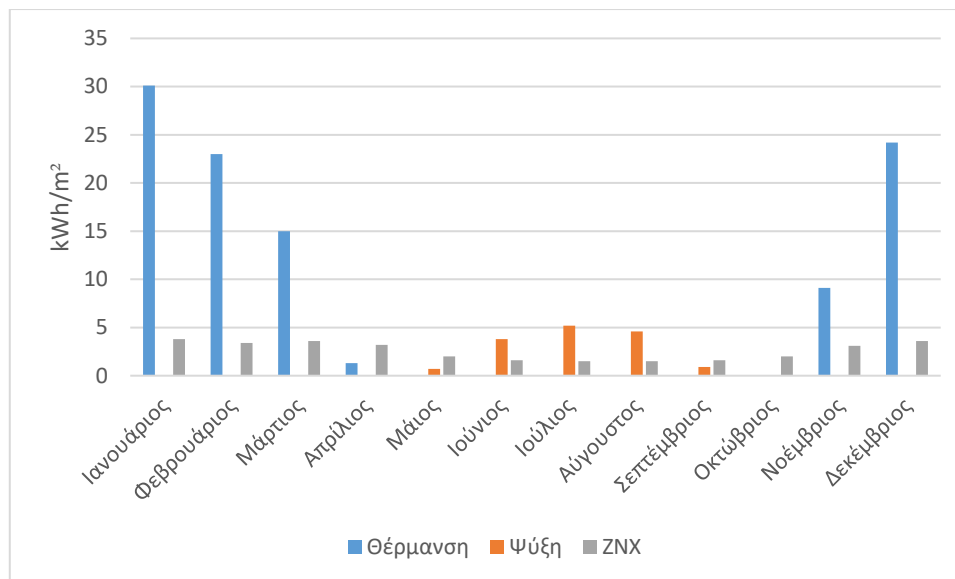
  

	Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση		30,1	23,0	15,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,1	24,2	102,7
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη		0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,8	5,2	4,6	0,9	0,0	0,0	0,0	15,2
ZNX		3,8	3,4	3,6	3,2	2,0	1,6	1,5	1,5	1,6	2,0	3,1	3,6	30,8
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο		33,9	26,4	18,6	4,5	2,7	5,4	6,7	6,1	2,5	2,0	12,2	27,8	148,6

	Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )	Εκπομπές CO2 (kg/m <sup>2</sup> )
► Ηλεκτρισμός		27,4	27,1
Πετρέλαιο		0,0	0,0
Φυσικό αέριο		121,3	23,8
Άλλα ορυκτά καύσιμα		0,0	0,0
Ηλιακή		0,0	0,0
Βιομάζα		0,0	0,0
Γεωθερμία		0,0	0,0
Άλλο ΑΠΕ		0,0	0,0
Σύνολο		148,6	50,9

Εικόνα 5.15: Αποτελέσματα ενεργειακών καταναλώσεων κατοικίας



Εικόνα 5.16: Μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις κατοικίας (ιδία επεξεργασία)

Κτίριο αναφοράς													
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	10,4	7,7	4,7	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	8,2	34,2
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	13,9	18,3	16,1	3,3	0,0	0,0	0,0	54,4
Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZNX	1,8	1,6	1,7	1,5	1,4	1,1	1,0	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	16,8

Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m²)	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
Θέρμανση	14,2	10,6	6,6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	11,3	47,4
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	2,5	3,3	2,9	0,6	0,0	0,0	0,0	9,8
ZNX	2,0	1,8	1,9	1,7	1,5	1,2	1,1	1,1	1,2	1,5	1,7	1,9	18,7
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	3,3
Φωτισμός	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο	16,2	12,5	8,6	2,2	2,0	3,7	4,4	4,0	1,8	1,5	5,7	13,2	75,9

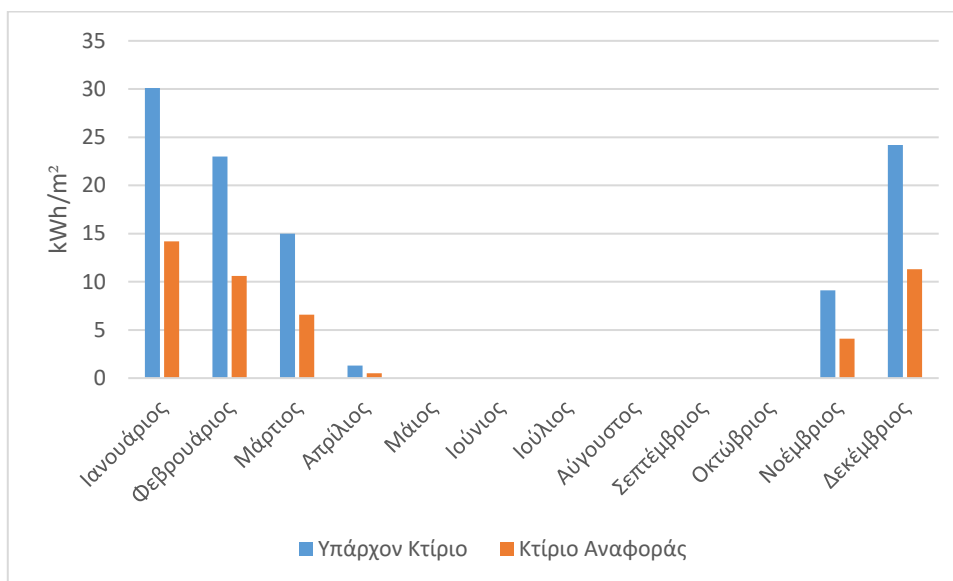
Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m²)	Εκπομπές CO2 (kg/m²)
Ηλεκτρισμός	11,4	11,3
Πετρέλαιο	64,4	17,0
Φυσικό αέριο	0,0	0,0
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0	0,0
Ηλιακή	3,3	0,0
Βιομάζα	0,0	0,0
Γεωθερμία	0,0	0,0
Άλλο ΑΠΕ	0,0	0,0
Σύνολο	75,9	28,3

Εικόνα 5.17: Αποτελέσματα ενεργειακών καταναλώσεων κτιρίου αναφοράς

Παρατηρούμε ότι οι συνολικές ενεργειακές καταναλώσεις παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά μεταξύ τους. Το εξεταζόμενο κτίριο καταναλώνει συνολικά 148,6 kWh/m<sup>2</sup>, ενώ το κτίριο αναφοράς 75,9 kWh/m<sup>2</sup>.

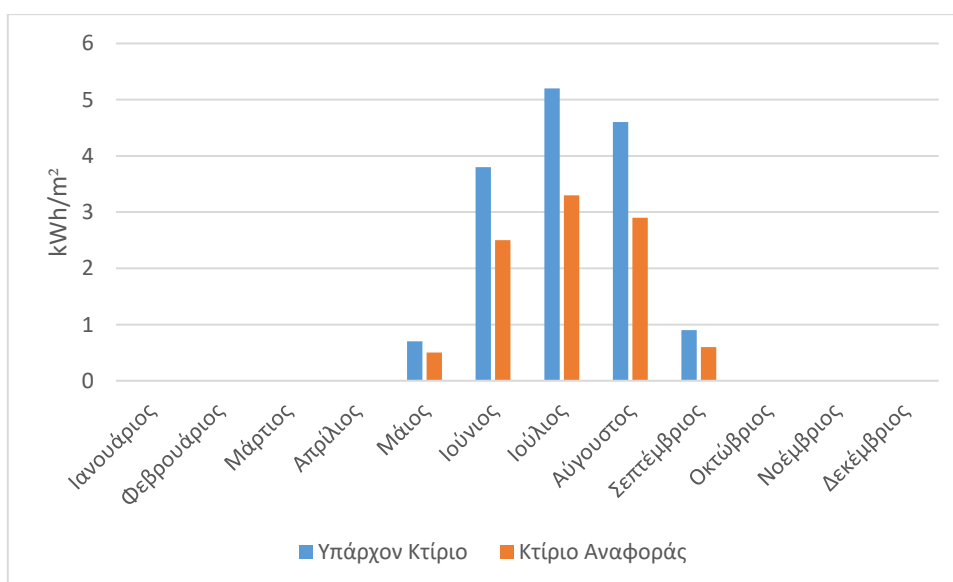
Θέρμανση: Το υπάρχον κτίριο καταναλώνει για θέρμανση 102,7 kWh/m<sup>2</sup>, ενώ το κτίριο αναφοράς 47,4 kWh/m<sup>2</sup>. Η διαφορά αυτή μπορεί να εξηγηθεί βάσει της καλύτερης απόδοσης του συστήματος θέρμανσης του κτιρίου αναφοράς. Επίσης, όπως

αναφέραμε και αλλού σημαντικό ρολο παίζει η καλύτερη μόνωση και η αεροστεγανότητα του κτιρίου αναφοράς.



Εικόνα 5.18: Σύγκριση μηνιαίων καταναλώσεων για θέρμανση για το υπάρχον κτίριο και το κτίριο αναφοράς (Ιδία επεξεργασία)

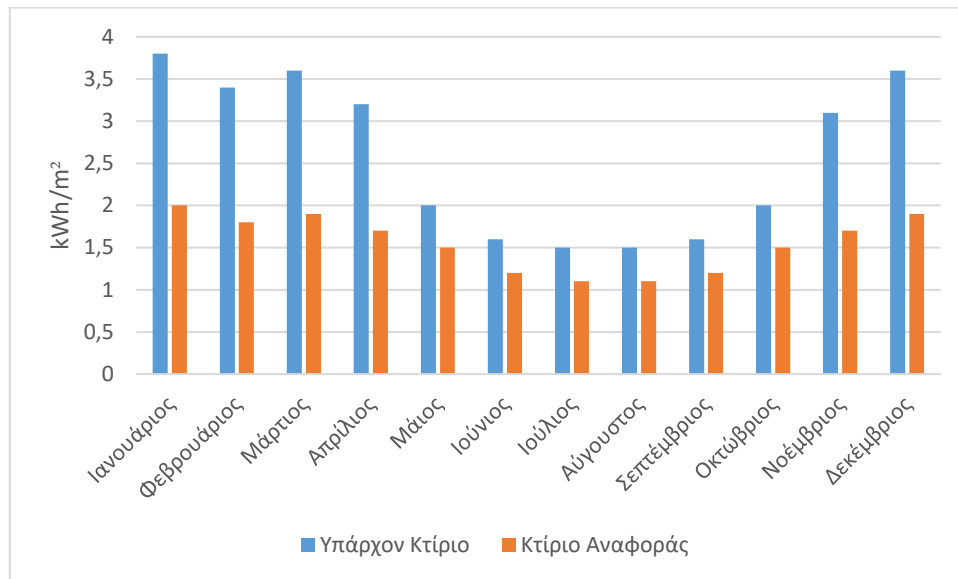
**Ψύξη:** για την ψύξη, το υπάρχον κτίριο καταναλώνει  $15,2 \text{ kWh/m}^2$ , ενώ αντίθετα το κτίριο αναφοράς καταναλώνει  $9,8 \text{ kWh/m}^2$ . Ο βαθμός ενεργειακής απόδοσης των τοπικών κλιματιστικών μονάδων του κτιρίου αναφοράς είναι  $EER=3,0$ , ενώ για το εξεταζόμενο κτίριο είναι  $EER=2,0$ .



Εικόνα 5.19: Μηνιαίες ενεργειακές καταναλώσεις για ψύξη για το υπάρχον κτίριο και το κτίριο αναφοράς (Ιδία επεξεργασία)

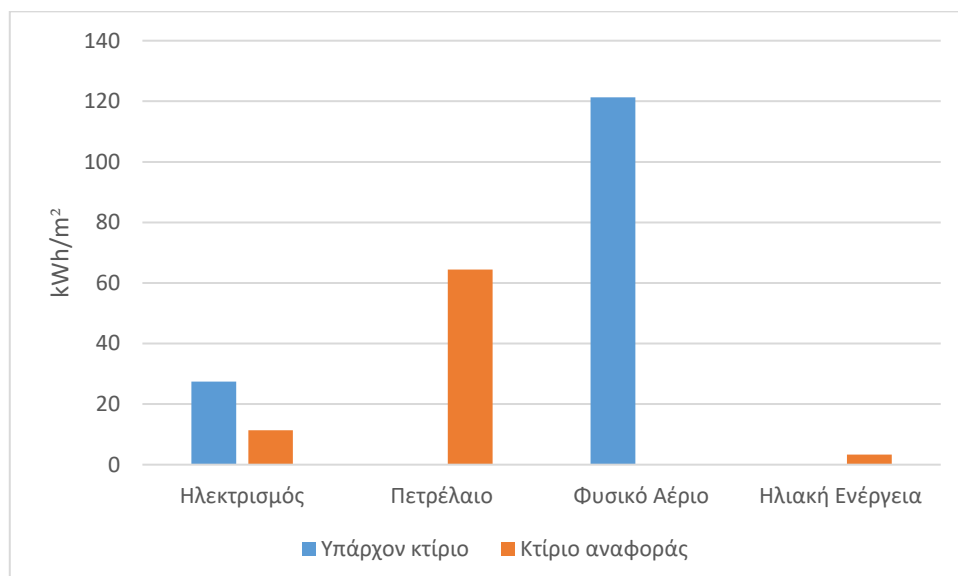
**Ζ.Ν.Χ.:** εδώ το υπάρχον κτίριο καταναλώνει  $30,8 \text{ kWh/m}^2$ , σε αντίθεση με το κτίριο αναφοράς που καταναλώνει  $18,7 \text{ kWh/m}^2$ . Η διαφορά υπέρ του κτιρίου αναφοράς οφείλεται στη συνεισφορά που έχει η ηλιακή ενέργεια για παραγωγή ζεστού νερού

χρήσης, αλλά και στην καλύτερη απόδοση του συστήματος θέρμανσης του κτιρίου αναφοράς.



Εικόνα 5.20: Μηνιαίες καταναλώσεις για ZNX για το υπάρχον κτίριο και το κτίριο αναφοράς (ιδία επεξεργασία)

Οι καταναλώσεις καυσίμων για το υπάρχον κτίριο υπολογίζονται βάσει των ενεργειακών καταναλώσεων. Έτσι, η κατανάλωση σε ηλεκτρισμό ( $27,4 \text{ kWh/m}^2$ ) προκύπτει από την κατανάλωση για ψύξη, για παραγωγή Z.N.X. και από διάφορα βοηθητικά συστήματα (κυκλοφορητές κ.ά.). Η κατανάλωση φυσικού αερίου ( $121,3 \text{ kWh/m}^2$ ) προκύπτει αντίστοιχα λόγω θέρμανσης και λόγω παραγωγής Z.N.X.



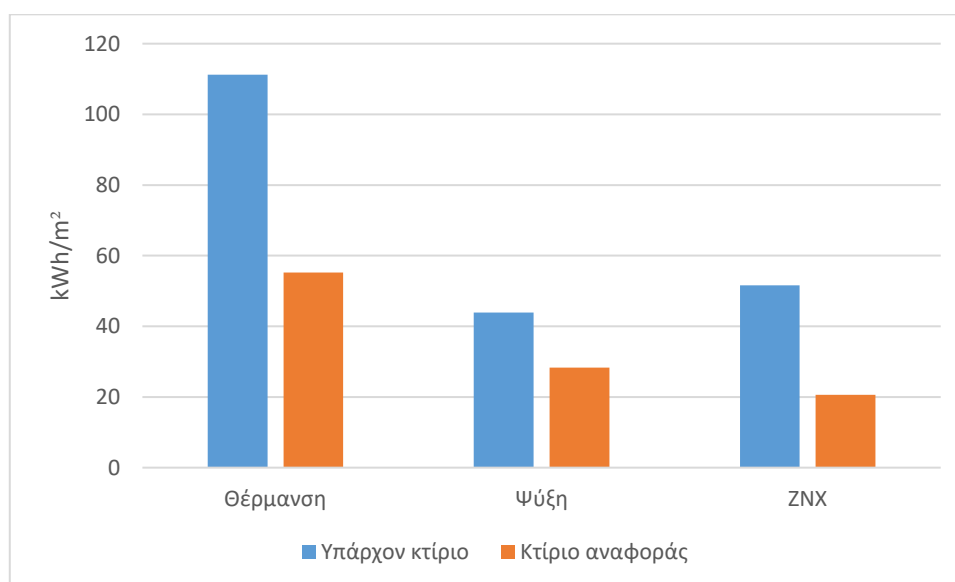
Εικόνα 5.21: Καταναλώσεις καυσίμων για το υπάρχον κτίριο και το κτίριο αναφοράς (ιδία επεξεργασία)

### 5.2.3. Ενεργειακή κατάταξη κατοικίας

Με βάση τις καταναλώσεις των καυσίμων και τους αντίστοιχους συντελεστές πρωτογενούς ενέργειας υπολογίζεται η πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση ( $\text{kWh/m}^2$ ) τόσο για το υπάρχον κτίριο όσο και για το κτίριο αναφοράς. Έτσι έχουμε:

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο
►	Θέρμανση	55,2	111,2
	Ψύξη	28,3	43,9
	ZNX	20,6	51,6
	Φωτισμός	0,0	0,0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0
	Σύνολο	104,1	206,7
	Κατάταξη	-	Ε

Εικόνα 5.22: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για την κατοικία



Εικόνα 5.23: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για το υπάρχον κτίριο και το κτίριο αναφοράς (ιδία επεξεργασία)

Βάσει του λόγου των δύο συνολικών καταναλώσεων προκύπτει η ενεργειακή κατάταξη της κατοικίας, που αντιστοιχεί στην ενεργειακή κατηγορία Ε.



Εικόνα 5.24: Ενεργειακή κατάταξη κατοικίας

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

Στο παρόν κεφάλαιο γίνονται προτάσεις παρεμβάσεων στο κτίριο για την εξοικονόμηση ενέργειας τόσο για το γραφείο όσο και για την κατοικία. Όπως είδαμε, το γραφείο κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία Δ, ενώ η κατοικία στην ενεργειακή κατηγορία Ε. Είναι επομένως προφανής η ανάγκη της βελτιώσης της ενεργειακής αποδοτικότητας του κτιρίου και της μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub>.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ενδεικτικά σενάρια επεμβάσεων για το γραφείο και την κατοικία με σκοπό την ενεργειακή αναβάθμισή τους.

### **6.1. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας στο γραφείο**

#### **6.1.1. Αντικατάσταση συστήματος φωτισμού**

Στο υπάρχον κτίριο είναι εγκατεστημένοι λαμπτήρες γραμμικού φθορισμού T8. Για να έχουμε την απαιτούμενη στάθμη φωτισμού (500lx) με τους συγκεκριμένους λαμπτήρες απαιτείται εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού 21 W/m<sup>2</sup>, κάτι που έχει ως συνέπεια να καταναλώνονται ετήσιως για τον επαρκή φωτισμό του γραφείου 55,6 kWh/m<sup>2</sup> ή 161,2 kWh/m<sup>2</sup> πρωτογενούς ενέργειας.

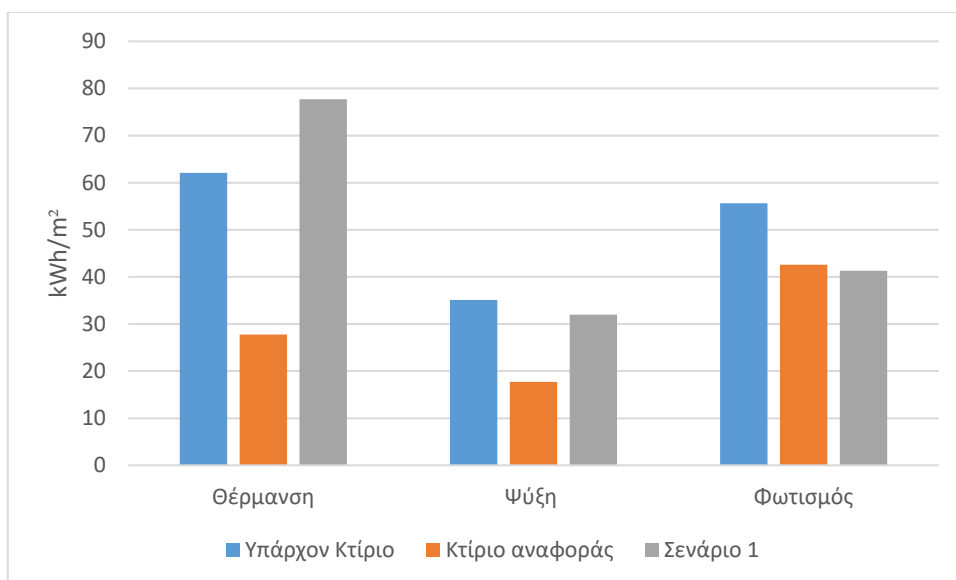
Επιλέγεται επομένως η αντικατάστασή τους με φωτιστικά γραμμικού φθορισμού T5 πυκνότητας ισχύος 3,2 W/m<sup>2</sup>/100lx. Έτσι έχουμε την απαιτούμενη στάθμη φωτισμού με εγκατεστημένη ισχύ φωτισμού 16 W/m<sup>2</sup>. Προκύπτουν επομένως οι ακόλουθες καταναλώσεις:



Σενάριο 1														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση		7,5	5,5	2,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	5,5	22,8
Ψύξη		0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	7,7	15,2	13,4	1,8	0,0	0,0	0,0	39,3
Υγρανση		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ΖΝΧ		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση		25,4	18,6	10,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	4,2	18,5	77,7
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη		0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	6,3	12,2	10,8	1,6	0,0	0,0	0,0	32,0
ΖΝΧ		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός		3,5	3,2	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	41,3
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σύνολο		28,9	21,8	13,5	4,2	4,7	9,7	15,7	14,3	5,0	3,7	7,6	22,0	151,0
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )										Εκπομπές CO2 (kg/m <sup>2</sup> )		
► Ηλεκτρισμός		75,8										75,0		
Πετρέλαιο		0,0										0,0		
Φυσικό αέριο		75,2										14,7		
Άλλα ορυκτά καύσιμα		0,0										0,0		
Ηλιακή		0,0										0,0		
Βιομάζα		0,0										0,0		
Γεωθερμία		0,0										0,0		
Άλλο ΑΠΕ		0,0										0,0		
Σύνολο		151,0										89,7		

Εικόνα 6.1: Ενεργειακές καταναλώσεις με αντικατάσταση συστήματος φωτισμού

Συνολικά, καταναλώνονται 151 kWh/m<sup>2</sup> ετησίως, ενώ αντίστοιχα το υπάρχον κτίριο καταναλώνει 152,8 kWh/m<sup>2</sup>. Όσο αφορά την πρωτογενή ενέργεια, παρουσιάζεται εξοικονόμηση κατά 34,2 kWh/m<sup>2</sup> (10,3%), ωστόσο το κτίριο παραμένει την ενεργειακή κατηγορία Δ.



Εικόνα 6.2: Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις για το υπάρχον κτίριο, το κτίριο αναφοράς και το σενάριο 1 (ιδία επεξεργασία)

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Θέρμανση	34,8	69,9	86,4
	Ψύξη	51,4	101,8	92,7
	ΖΝΧ	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	161,2	119,7
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	209,7	333,0	298,9
	Κατάταξη	-	Δ	Δ

Εικόνα 6.3: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m<sup>2</sup>)

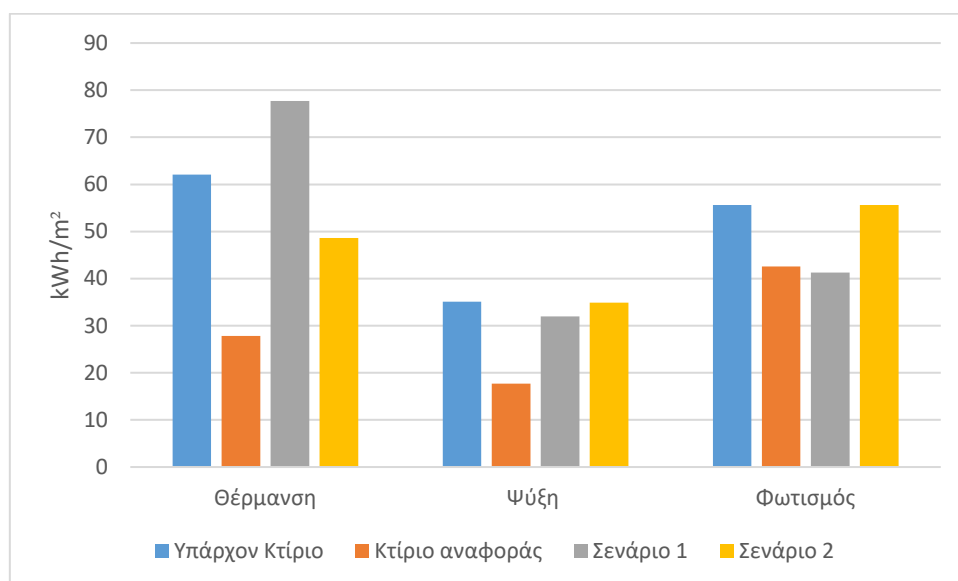
### 6.1.2. Αντικατάσταση κουφωμάτων

Όπως είδαμε, το υφιστάμενο κτίριο διαθέτει κουφώματα με συντελεστή θερμοπερατότητας  $U=3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  που είναι μεγαλύτερος από τον μέγιστο επιτρεπτό ( $3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) για την κλιματική ζώνη Β, σύμφωνα με τον Κ.Εν.Α.Κ. Επομένως, μια επέμβαση που αξίζει να εξεταστεί είναι αυτή της αντικατάστασης κουφωμάτων με νέα, μικρότερου συντελεστή θερμοπερατότητας. Επιλέγονται λοιπόν κουφώματα με συντελεστή θερμοπερατότητας  $U=1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Europer 5500) και έχουμε τις ακόλουθες ενεργειακές καταναλώσεις:

Σενάριο 2														
	Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	4,9	3,5	1,5	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,3	13,9
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	8,6	16,0	14,3	2,3	0,0	0,0	0,0	43,0
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ΖΝΧ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )														
►	Θέρμανση	16,7	11,8	5,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,6	11,4	48,6
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	7,0	12,8	11,5	2,0	0,0	0,0	0,0	34,9
	ΖΝΧ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	4,7	4,3	4,7	4,6	4,7	4,6	4,7	4,7	4,6	4,7	4,6	4,7	55,6
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	21,4	16,1	10,1	5,1	6,3	11,5	17,5	16,2	6,6	4,9	7,2	16,1	139,0
Πηγή ενέργειας														
	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )												
►	Ηλεκτρισμός	93,0	92,0											
	Πετρέλαιο	0,0	0,0											
	Φυσικό αέριο	46,0	9,0											
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0	0,0											
	Ηλιακή	0,0	0,0											
	Βιομάζα	0,0	0,0											
	Γεωθερμία	0,0	0,0											
	Άλλο ΑΠΕ	0,0	0,0											
	Σύνολο	139,0	101,0											

Εικόνα 6.4: Ενεργειακές καταναλώσεις με αντικατάσταση κουφωμάτων

Βλέπουμε ότι η συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια είναι 139 kWh/m<sup>2</sup>, ενώ για το υφιστάμενο κτίριο είναι 152,8 kWh/m<sup>2</sup>. Η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι 15 kWh/m<sup>2</sup> (4,5%) και το κτίριο παραμένει στην ενεργειακή κατηγορία Δ.



Εικόνα 6.5: Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις για το υπάρχον κτίριο, το κτίριο αναφοράς, το σενάριο 1 και το σενάριο 2 (ιδία επεξεργασία)

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
►	Θέρμανση	34,8	69,9	86,4	55,7
	Ψύξη	51,4	101,8	92,7	101,1
	ZNX	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	161,2	119,7	161,2
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	209,7	333,0	298,9	318,1
	Κατάταξη	-	Δ	Δ	Δ

Εικόνα 6.6: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m<sup>2</sup>)

### 6.1.3. Παρέμβαση με φωτοβολταϊκό σύστημα

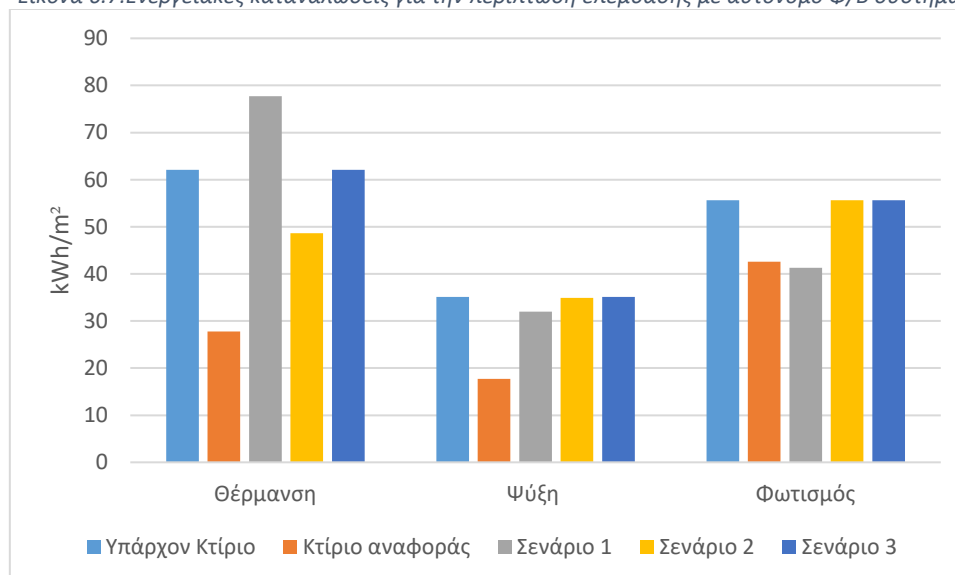
Εδώ, εξετάζεται η περίπτωση επέμβασης με την εισαγωγή φωτοβολταϊκού συστήματος στην οροφή του κτιρίου για την εξοικονόμηση ενέργειας. Αναμένεται ενεργειακή αναβάθμιση, γιατί ό,τι παράγεται από το φωτοβολταϊκό θα γλυτώνεται από το δίκτυο ηλεκτρισμού με αποτέλεσμα την μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας. Η συνεισφορά από τις ΑΠΕ όπως θα υπολογιστεί από το λογισμικό θα είναι αυτή που θα καθορίσει την τελική κατάταξη του γραφείου.

Έτσι, επιλέγουμε 12 πολυκρυσταλλικά φωτοβολταϊκά πλαίσια με προσανατολισμό 135°, ονομαστικής ισχύος 245 W, βαθμού απόδοσης 14,9% και διαστάσεων 990 x 1660

mm. Στο Φ/Β σύστημα περιλαμβάνονται εκτός από τα πλαίσια, ο αντιστροφέας, οι μπαταρίες, οι ρυθμιστές φόρτισης και ο πίνακας ελέγχου (Η επιλογή έγινε από το site: <https://www.oleng.eu/>). Σύμφωνα με το λογισμικό, έχουμε τις ακόλουθες ενεργειακές καταναλώσεις.

Σενάριο 3														
Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση		6,2	4,4	2,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	4,3	18,0
Ψύξη		0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	8,5	16,4	14,6	2,2	0,0	0,0	0,0	43,3
Υγρανση		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZNX		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση		20,9	15,0	7,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	3,6	14,5	62,1
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ψύξη		0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	6,9	13,1	11,7	1,9	0,0	0,0	0,0	35,1
ZNX		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φωτισμός		4,7	4,3	4,7	4,6	4,7	4,6	4,7	4,7	4,6	4,7	4,6	4,7	55,6
Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ		2,2	2,4	3,4	4,0	4,8	5,1	5,3	5,2	4,3	3,3	2,3	1,9	44,2
Σύνολο		25,6	19,3	11,9	5,3	6,1	11,5	17,9	16,5	6,5	4,9	8,1	19,3	152,8
Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )		Εκπομπές CO2 (kg/m <sup>2</sup> )										
► Ηλεκτρισμός		49,1		48,6										
Πετρέλαιο		0,0		0,0										
Φυσικό αέριο		59,5		11,7										
Άλλα ορυκτά καύσιμα		0,0		0,0										
Ηλιακή		0,0		0,0										
Βιομάζα		0,0		0,0										
Γεωθερμία		0,0		0,0										
Άλλο ΑΠΕ		0,0		0,0										
Σύνολο		152,8		60,2										

Εικόνα 6.7: Ενεργειακές καταναλώσεις για την περίπτωση επέμβασης με αυτόνομο Φ/Β σύστημα



Εικόνα 6.8: Ετήσιες καταναλώσεις για το υπάρχον κτίριο, το κτίριο αναφοράς, το σενάριο 1, το σενάριο 2 και το σενάριο 3 (ιδία επεξεργασία)

Όπως αναφέραμε, με την εγκατάσταση αυτόνομου Φ/Β συστήματος δεν υπάρχει επέμβαση στα φορτία θέρμανσης και ψύξης, αλλά η ενεργειακή εξοικονόμηση

προέρχεται από τη συνεισφορά των ΑΠΕ. Τελικά η εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας είναι 128,2 kWh/m<sup>2</sup> (38,5%) και η μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> 43,8 kg/m<sup>2</sup>. Το κτίριο κατατάσσεται στην κατηγορία Β.

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	34,8	69,9	86,4	55,7	69,9
	Ψύξη	51,4	101,8	92,7	101,1	101,8
	ΖΝΧ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	161,2	119,7	161,2	161,2
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	128,2
	Σύνολο	209,7	333,0	298,9	318,1	204,8
	Κατάταξη	-	Δ	Δ	Δ	Β

Εικόνα 6.9: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m<sup>2</sup>)

#### 6.1.4. Συνδυασμός σεναρίου 1 και σεναρίου 3

Στην περίπτωση αυτή δοκιμάζεται η επέμβαση με συνδυασμό αλλαγής συστήματος φωτισμού (σενάριο 1) και εισαγωγής Φ/Β συστήματος (σενάριο 3). Το λογισμικό δίνει τα εξής αποτελέσματα:

	Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	7,5	5,5	2,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	5,5	22,8
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	7,7	15,2	13,4	1,8	0,0	0,0	0,0	39,3
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ΖΝΧ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

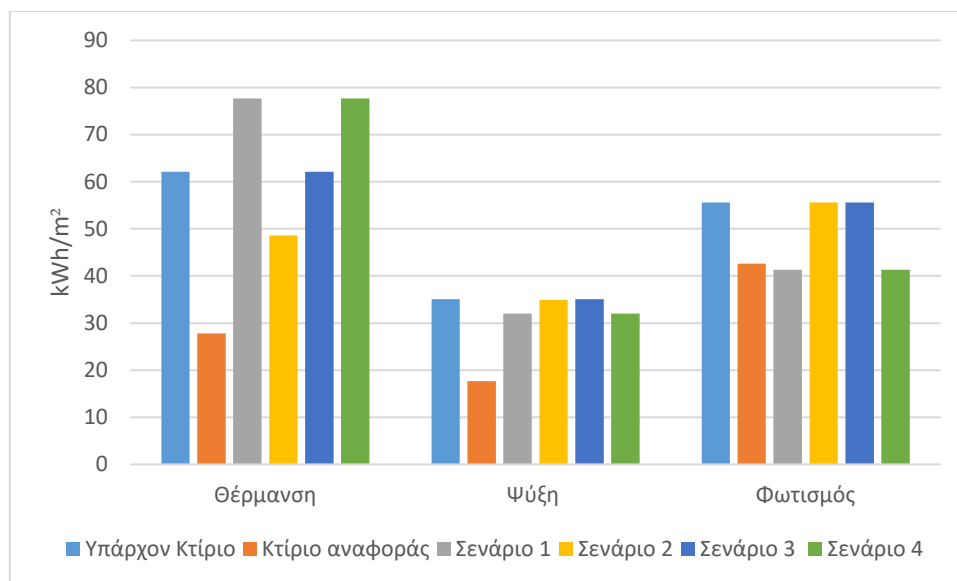
  

	Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	25,4	18,6	10,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	4,2	18,5	77,7
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	6,3	12,2	10,8	1,6	0,0	0,0	0,0	32,0
	ΖΝΧ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	3,5	3,2	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	41,3
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	2,2	2,4	3,4	4,0	4,8	5,1	5,3	5,2	4,3	3,3	2,3	1,9	44,2
	Σύνολο	28,9	21,8	13,5	4,2	4,7	9,7	15,7	14,3	5,0	3,7	7,6	22,0	151,0

	Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )
►	Ηλεκτρισμός	32,1	31,7
	Πετρέλαιο	0,0	0,0
	Φυσικό αέριο	75,2	14,7
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0	0,0
	Ηλιακή	0,0	0,0
	Βιομάζα	0,0	0,0
	Γεωθερμία	0,0	0,0
	Άλλο ΑΠΕ	0,0	0,0
	Σύνολο	151,0	46,5

Εικόνα 6.10: Ενεργειακές καταναλώσεις για συνδυασμό σεναρίου 1 και σεναρίου 3



Εικόνα 6.11: Ετήσιες καταναλώσεις για τα 4 σενάρια (ιδία επεξεργασία)

Όπως βλέπουμε, οι καταναλώσεις ανά τελική χρήση είναι οι ίδιες με αυτές για το σενάριο 1, αφού όπως είπαμε παραπάνω δεν επηρεάζονται από την εισαγωγή του φωτοβολταϊκού συστήματος. Στο επίπεδο της πρωτογενούς ενέργειας όμως, έχουμε εξοικονόμηση 160,9 kWh/m<sup>2</sup> (48,3 %) και μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> κατά 57,5 kg/m<sup>2</sup>.

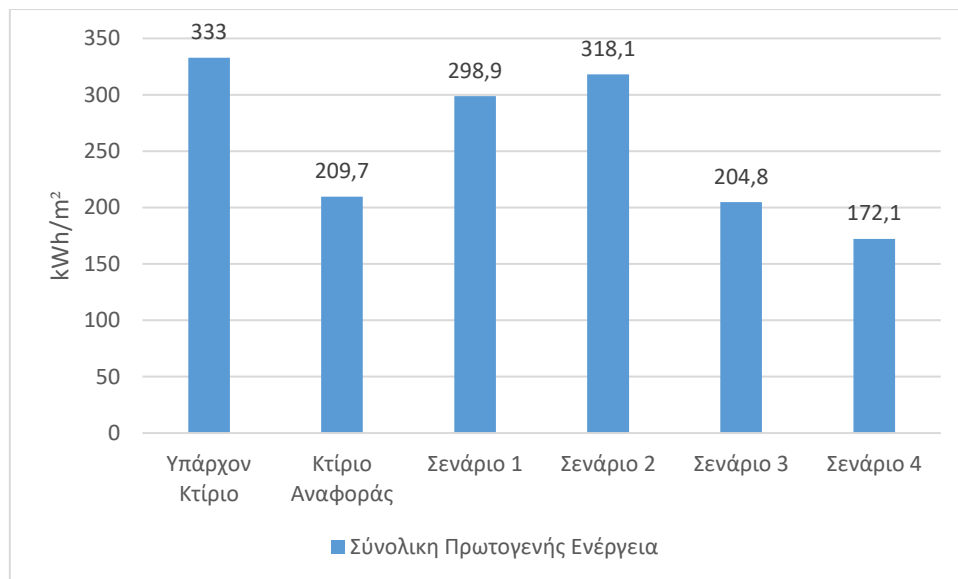
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2	Σενάριο 3	Σενάριο 4
►	Θέρμανση	34,8	69,9	86,4	55,7	69,9	86,4
	Ψύξη	51,4	101,8	92,7	101,1	101,8	92,7
	ΖΗΧ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	123,5	161,2	119,7	161,2	161,2	119,7
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	128,2	126,8
	Σύνολο	209,7	333,0	298,9	318,1	204,8	172,1
	Κατάταξη	-	Δ	Δ	Δ	Β	Β

Εικόνα 6.12: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση για τα 4 σενάρια

Η τελική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας ανέρχεται σε 172,1 kWh/m<sup>2</sup>, το κτίριο κατατάσσεται στην κατηγορία Β.

#### 6.1.5. Συγκεντρωτικά στοιχεία για τις επεμβάσεις στο γραφείο

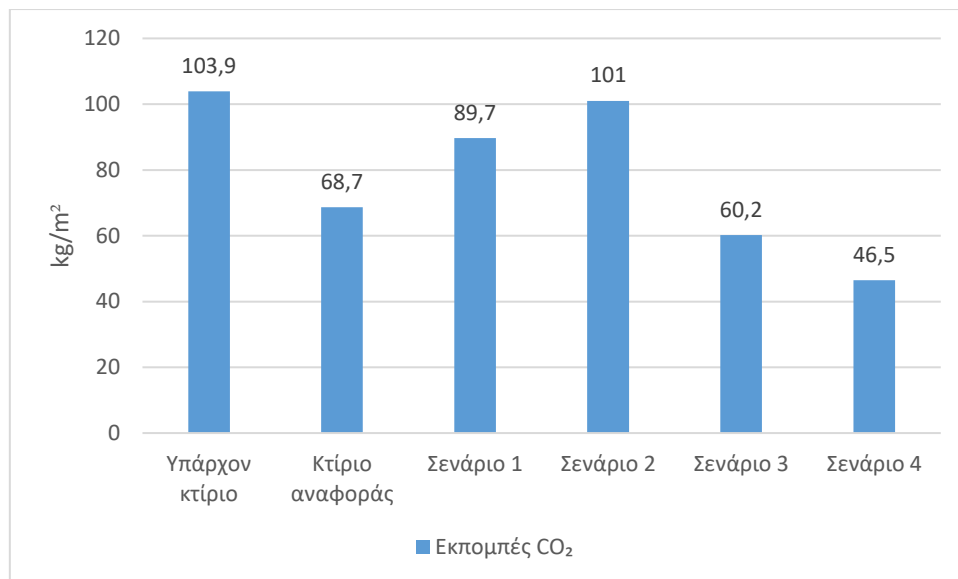
Όσο αφορά την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας για το υπάρχον κτίριο, το κτίριο αναφοράς και τα τέσσερα σενάρια επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας που προτείνονται προκύπτει το ακόλουθο διάγραμμα:



Εικόνα 6.13: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (ιδία επεξεργασία)

Βλέπουμε ότι για την περίπτωση του σεναρίου 4, δηλαδή για μια παρέμβαση με ένα Φ/Β σύστημα και με αλλαγή συστήματος φωτισμού η κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας περιορίζεται στις 172,1 kWh/m<sup>2</sup> και το γραφείο κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία B. Αυτή είναι και η ενεργειακά πιο αποδοτική παρέμβαση. Στην περίπτωση του σεναρίου 3, δηλαδή για παρέμβαση μόνο με Φ/Β σύστημα έχουμε κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 204,8 kWh/m<sup>2</sup> και το γραφείο επίσης κατατάσσεται στην κατηγορία B. Τα σενάρια 1 και 2 όπως φαίνεται και από το παραπάνω διάγραμμα δεν καταφέρνουν να μειώσουν την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας κάτω από την κατανάλωση του κτιρίου αναφοράς.

Προφανώς, τα χαμηλότερα επίπεδα εκπομπών CO<sub>2</sub> έχουμε με τα σενάρια 4 και 3, ενώ με τα σενάρια 1 και 2 βρισκόμαστε κοντά στα επίπεδα του υπάρχοντος κτιρίου. Πιο συγκεκριμένα σε περίπτωση παρέμβασης με το σενάριο 4 έχουμε μείωση εκπομπών κατά 57,5 kg/m<sup>2</sup> (55,34%), ενώ για το σενάριο 3 κατά 43,8 kg/m<sup>2</sup> (42,15%). Για το σενάριο 1 έχουμε μείωση κατά 14,2 kg/m<sup>2</sup> (13,66%) και για το σενάριο 2 μείωση 2,9 kg/m<sup>2</sup> (2,79%). Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> για κάθε περίπτωση φαίνονται στο επόμενο διάγραμμα:



Εικόνα 6.14: Εκπομπές CO<sub>2</sub> για κάθε περίπτωση (ιδία επεξεργασία)

Γενικά αξίζει να γίνουν κάποια σχόλια όσο αφορά την οικονομική ανάλυση του λογισμικού. Δεν προσφέρει στον χρήστη τη δυνατότητα καθορισμού του λειτουργικού κόστους, ενώ δεν δίνει πληροφορίες και για το πώς αυτό καθορίζεται (τιμές ηλεκτρικού ρεύματος, καυσίμων κλπ). Επίσης δεν υπάρχει η δυνατότητα καθορισμού από τον χρήστη παραμέτρων των επενδύσεων όπως το επιτόκιο ή η διάρκεια ζωής της επένδυσης με αποτέλεσμα να επηρεάζεται ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης. Αν τέτοιοι παράμετροι συμπεριλαμβάνονταν σε μελλοντική έκδοση το πρόγραμμα θα βελτιωνόταν αισθητά (Κόρμπα, 2012). Επόμενως, στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας προσανατολιστήκαμε στην ενεργειακή βελτίωση του κτιρίου ανεξαρτήτως από την οικονομική ανάλυση του λογισμικού.

## 6.2. Επεμβάσεις εξοικονόμησης ενέργειας για την κατοικία

### 6.2.1. Επέμβαση με αλλαγή κουφωμάτων

Όπως και στην περίπτωση του γραφείου, επιλέγουμε και εδώ κουφώματα με συντελεστή θερμοπερατότητας  $U=1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Το λογισμικό δίνει τις ακόλουθες ενεργειακές καταναλώσεις.



Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	9,6	7,1	4,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	7,6	31,4
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	13,3	17,5	15,6	3,4	0,0	0,0	0,0	52,6
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	1,8	1,6	1,7	1,5	1,4	1,1	1,0	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	16,8

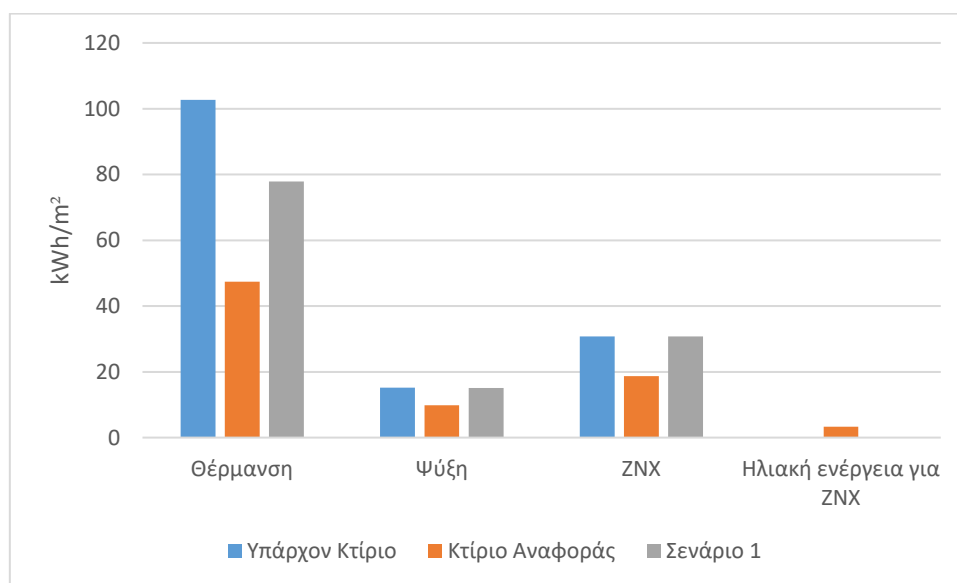
  

Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	23,7	17,6	10,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	18,8	77,9
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	3,8	5,0	4,5	1,0	0,0	0,0	0,0	15,1
	ZNX	3,8	3,4	3,6	3,2	2,0	1,6	1,5	1,5	1,6	2,0	3,1	3,6	30,8
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	27,4	21,1	14,4	3,9	2,8	5,4	6,5	5,9	2,6	2,0	9,5	22,4	123,8

Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )
►	Ηλεκτρισμός	27,3	27,0
	Πετρέλαιο	0,0	0,0
	Φυσικό αέριο	96,6	18,9
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0	0,0
	Ηλιακή	0,0	0,0
	Βιομάζα	0,0	0,0
	Γεωθερμία	0,0	0,0
	Άλλο ΑΠΕ	0,0	0,0
	Σύνολο	123,8	45,9

Εικόνα 6.15: Ενεργειακές καταναλώσεις για την περίπτωση αλλαγής κουφωμάτων



Εικόνα 6.16: Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις για το υπάρχον κτίριο, το κτίριο αναφοράς και το σενάριο 1 (ιδία επεξεργασία)

Η συνολική ενέργεια που καταναλώνεται είναι 123,8 kWh/m<sup>2</sup>, ενώ για το υπάρχον κτίριο είναι 148,6 kWh/m<sup>2</sup>. Η συνολική πρωτογενής ενέργεια υπολογίζεται από το λογισμικό στις 180,5 kWh/m<sup>2</sup>, δηλαδή έχουμε μείωση 12,7 %. Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> είναι 45,9 kg/m<sup>2</sup>, δηλαδή μειωμένες κατά 4,9 kg/m<sup>2</sup> (9,26 %). Τελικά, το κτίριο κατατάσσεται στην κατηγορία Δ.

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1
►	Θέρμανση	55,2	111,2	85,2
	Ψύξη	28,3	43,9	43,7
	ZNX	20,6	51,6	51,6
	Φωτισμός	0,0	0,0	0,0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	104,1	206,7	180,5
	Κατάταξη	-	Ε	Δ

Εικόνα 6.17: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m<sup>2</sup>) και ενεργειακή κατάταξη για το σενάριο 1

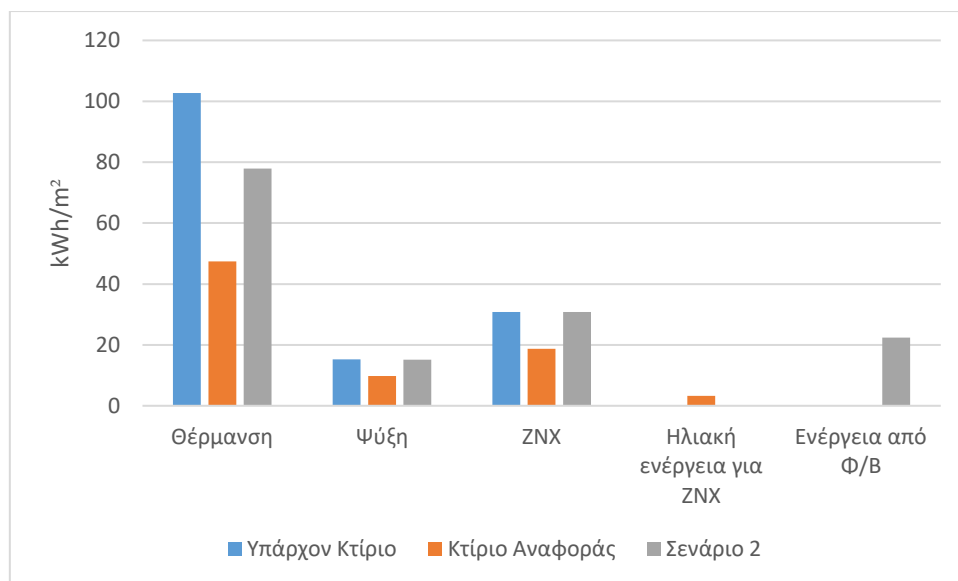
### 6.2.2. Επέμβαση με αλλαγή κουφωμάτων και Φ/Β σύστημα

Εδώ εξετάζεται η περίπτωση επέμβασης με εγκατάσταση του Φ/Β συστήματος αλλά και αντικατάστασης των κουφωμάτων με αυτά του σεναρίου 1. Επιλέγονται 19 πολυκρυσταλλικά φωτοβολταικά πλαίσια ονομαστικής ισχύος 245 W, βαθμού απόδοσης 14,9% και διαστάσεων 990 x 1660 mm. Ο προσανατολισμός τοποθέτησης των πλαισίων είναι 315°, η γωνία κλίσης 10° (επιλογή απο την ιστοσελίδα <https://www.oleng.eu/>).

Το λογισμικό δίνει τις ακόλουθες ενεργειακές καταναλώσεις.

	Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	9,6	7,1	4,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	7,6	31,4
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	13,3	17,5	15,6	3,4	0,0	0,0	0,0	52,6
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	1,8	1,6	1,7	1,5	1,4	1,1	1,0	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	16,8
	Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	23,7	17,6	10,7	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	18,8	77,9
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	3,8	5,0	4,5	1,0	0,0	0,0	0,0	15,1
	ZNX	3,8	3,4	3,6	3,2	2,0	1,6	1,5	1,5	1,6	2,0	3,1	3,6	30,8
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Φωτισμός	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ενέργεια απο φωτοβολταικά - ΣΗΘ	0,8	1,0	1,6	2,1	2,7	3,0	3,0	2,8	2,1	1,5	0,9	0,7	22,4
	Σύνολο	27,4	21,1	14,4	3,9	2,8	5,4	6,5	5,9	2,6	2,0	9,5	22,4	123,8
	Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )		Εκπομπές CO2 (kg/m <sup>2</sup> )										
►	Ηλεκτρισμός	10,1		10,0										
	Πετρέλαιο	0,0		0,0										
	Φυσικό αέριο	96,6		18,9										
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0		0,0										
	Ηλιακή	0,0		0,0										
	Βιομάζα	0,0		0,0										
	Γεωθερμία	0,0		0,0										
	Άλλο ΑΠΕ	0,0		0,0										
	Σύνολο	123,8		28,9										

Εικόνα 6.18: Ενεργειακές καταναλώσεις για την περίπτωση του σεναρίου 2



Εικόνα 6.19: Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις για το σενάριο 2, το υπάρχον κτίριο και το κτίριο αναφοράς (ιδία επεξεργασία)

Η συνολική πρωτογενής ενέργεια που καταναλώνεται είναι  $131,2 \text{ kWh/m}^2$ . Αυτό σημαίνει πως εξοικονομούνται  $75,5 \text{ kWh/m}^2$  (36,5 %). Οι εκπομπές  $\text{CO}_2$  είναι  $28,9 \text{ kg/m}^2$  δηλαδή μειωμένες κατά  $22 \text{ kg/m}^2$  (43,22 %). Τελικά, το κτίριο κατατάσσεται στην κατηγορία Γ.

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 1	Σενάριο 2
►	Θέρμανση	55,2	111,2	85,2	85,2
	Ψύξη	28,3	43,9	43,7	43,7
	ZNX	20,6	51,6	51,6	51,6
	Φωτισμός	0,0	0,0	0,0	0,0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	49,3
	Σύνολο	104,1	206,7	180,5	131,2
	Κατάταξη	-	Ε	Δ	Γ

Εικόνα 6.20: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση ( $\text{kWh/m}^2$ ) και ενεργειακή κατάταξη σεναρίου 2

### 6.2.3. Επέμβαση με θερμικό ηλιακό σύστημα για υποβοήθηση θέρμανσης και παραγωγή ZNX

Επιλέγεται ολοκληρωμένο σύστημα για παραγωγή ZNX και υποβοήθηση θέρμανσης με 6 επίπεδους επιλεκτικούς συλλέκτες επιφάνειας  $2,05 \text{ m}^2$  ο καθένας. Το κόστος είναι 5.216 € και στην τιμή συμπεριλαμβάνονται δύο δοχεία διαστολής, οι βάσεις κεραμοσκεπής, ένα υδραυλικό solar kit και οι συλλέκτες. Η κλίση ( $\beta$ ) των συλλεκτών επιλέγεται  $53^\circ$  για καλύτερη απόδοση τη χειμερινή περίοδο (Η επιλογή έγινε από το site: <https://www.agelopoulos.gr/>). Το λογισμικό δίνει τις ακόλουθες ενεργειακές καταναλώσεις.

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	12,3	9,3	6,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	9,8	41,6
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	13,2	18,1	16,0	3,1	0,0	0,0	0,0	52,9
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNX	1,8	1,6	1,7	1,5	1,4	1,1	1,0	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	16,8

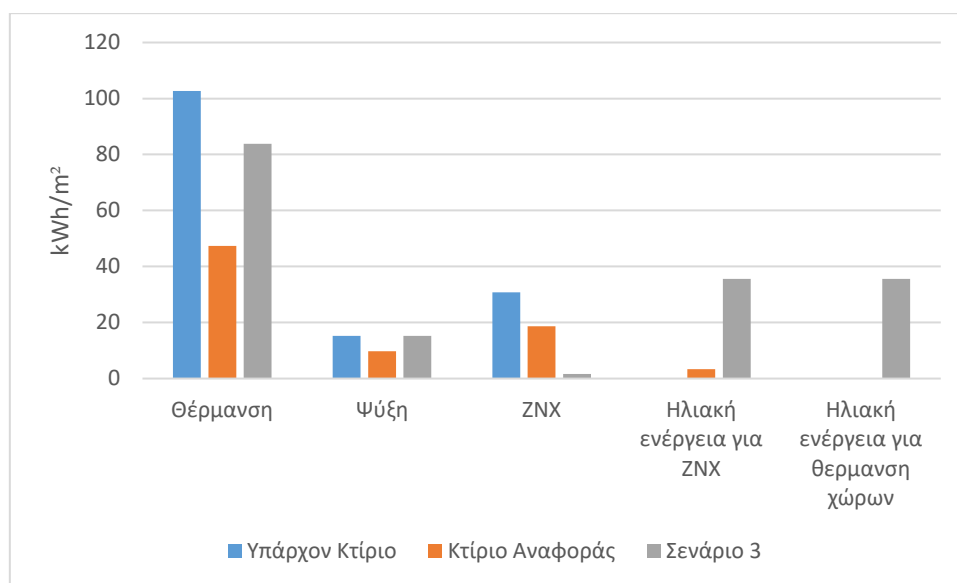
  

Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	26,5	19,5	10,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	20,9	83,8
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	2,3	2,2	2,8	3,0	3,4	3,4	3,6	3,7	3,5	3,1	2,4	2,1	35,6
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,8	5,2	4,6	0,9	0,0	0,0	0,0	15,2
	ZNX	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,6
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	2,3	2,2	2,8	3,0	3,4	3,4	3,6	3,7	3,5	3,1	2,4	2,1	35,6
	Φωτισμός	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	27,1	19,7	11,0	0,1	0,7	3,8	5,2	4,6	0,9	0,0	5,8	21,5	100,5

Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )
► Ηλεκτρισμός	17,4	17,2
Πετρέλαιο	0,0	0,0
Φυσικό αέριο	83,1	16,3
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0	0,0
Ηλιακή	71,2	0,0
Βιομάζα	0,0	0,0
Γεωθερμία	0,0	0,0
Άλλο ΑΠΕ	0,0	0,0
Σύνολο	100,5	33,5

Εικόνα 6.21: Ενεργειακές καταναλώσεις για το σενάριο 3 της κατοικίας



Εικόνα 6.22: Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις για το υπάρχον κτίριο, το κτίριο αναφοράς και το σενάριο 3 (ιδία επεξεργασία)

Η συνολική ετήσια ενεργειακή κατανάλωση είναι 100,5 kWh/m<sup>2</sup> έναντι 148,6 kWh/m<sup>2</sup> του υπάρχοντος κτιρίου. Η συνολική πρωτογενής ενέργεια υπολογίζεται από το λογισμικό σε 137,7 kWh/m<sup>2</sup>, που σημαίνει πως έχουμε εξοικονόμηση 69 kWh/m<sup>2</sup> (33,4 %). Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> υπολογίζονται σε 33,5 kg/m<sup>2</sup>, δηλαδή μειωμένες κατά 33,98% και το κτίριο αναβαθμίζεται στην ενεργειακή κατηγορία Γ. Τέλος, σύμφωνα με την οικονομική ανάλυση του λογισμικού το αρχικό κόστος επένδυσης

αποπληρώνεται σε 6,5 χρόνια, κάτι που την κάνει εξαιρετικά ενδιαφέρουσα από αυτή την οπτική.

	Εξοικονόμηση και κόστος	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 3
►	Λειτουργικό κόστος (€)	1.479,7	2.465,9	1.658,6
	Αρχικό κόστος επένδυσης (€)			5.215,9
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m <sup>2</sup> )			69,0
	Εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας (%)			33,4
	Τιμή εξοικονομούμενης ενέργειας (€/kWh)			0,4
	Μείωση εκπομπών CO <sub>2</sub> (Kg/m <sup>2</sup> )			17,3
	Περίοδος αποπληρωμής (έτη)			6,5

Εικόνα 6.23: Οικονομοτεχνική ανάλυση σεναρίου 3

	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 3
►	Θέρμανση	55,2	111,2	91,3
	Ψύξη	28,3	43,9	43,9
	ZNX	20,6	51,6	2,5
	Φωτισμός	0,0	0,0	0,0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	104,1	206,7	137,7
	Κατάταξη	-	Ε	Γ

Εικόνα 6.24: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m<sup>2</sup>) και κατάταξη της κατοικίας για το σενάριο 3

#### 6.2.4. Συνδυασμός παρεμβάσεων με αλλαγή κουφωμάτων και εγκατάσταση θερμικού ηλιακού συστήματος για θέρμανση χώρων και παραγωγή ZNX

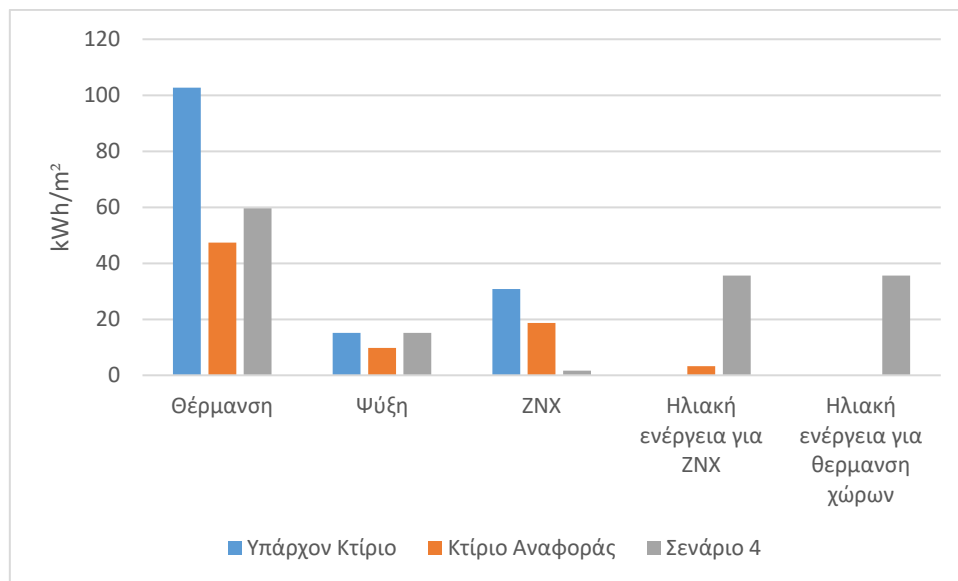
Εξετάζεται η περίπτωση επέμβασης με συνδυασμό του σεναρίου 1 (αλλαγή κουφωμάτων) και του σεναρίου 3 (θερμικό ηλιακό σύστημα). Το λογισμικό δίνει τις ακόλουθες ενεργειακές καταναλώσεις.

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	9,6	7,1	4,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	7,6	31,4
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	13,3	17,5	15,6	3,4	0,0	0,0	0,0	52,6
	Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	ZNΧ	1,8	1,6	1,7	1,5	1,4	1,1	1,0	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	16,8

Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m²)		Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
►	Θέρμανση	20,1	14,1	6,7	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	15,5	59,6
	Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	2,3	2,2	2,8	3,0	3,4	3,4	3,6	3,7	3,5	3,1	2,4	2,1	35,6
	Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	3,8	5,0	4,5	1,0	0,0	0,0	0,0	15,1
	ZNΧ	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,6
	Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	2,3	2,2	2,8	3,0	3,4	3,4	3,6	3,7	3,5	3,1	2,4	2,1	35,6
	Φωτισμός	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ενέργεια απο φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	20,6	14,3	6,7	0,1	0,8	3,8	5,0	4,5	1,0	0,0	3,1	16,1	76,3

Πηγή ενέργειας		Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m²)	Εκπομπές CO2 (kg/m²)
►	Ηλεκτρισμός	17,3	17,1
	Πετρέλαιο	0,0	0,0
	Φυσικό αέριο	59,0	11,6
	Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0	0,0
	Ηλιακή	71,2	0,0
	Βιομάζα	0,0	0,0
	Γεωθερμία	0,0	0,0
	Άλλο ΑΠΕ	0,0	0,0
	Σύνολο	76,3	28,7

Εικόνα 6.25: Ενεργειακές καταναλώσεις για την περίπτωση του σεναρίου 4



Εικόνα 6.26: Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις για το υπάρχον κτίριο, το κτίριο αναφοράς και το σενάριο 4 (ιδία επεξεργασία)

Βλέπουμε, ότι σε αυτήν την περίπτωση η συνολική καταναλισκόμενη ενέργεια μειώνεται στις 76,3 kWh/m<sup>2</sup> έναντι 148,6 kWh/m<sup>2</sup> για το υπάρχον κτίριο. Η συνολική πρωτογενής ενέργεια υπολογίζεται από το λογισμικό στις 112,2 kWh/m<sup>2</sup>, δηλαδή έχουμε εξοικονόμηση 94,6 kWh/m<sup>2</sup> (45,7 %). Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> είναι 28,7 kg/m<sup>2</sup> μειωμένες κατά 22,1 kg/m<sup>2</sup> (43,41 %). Τελικά, το κτίριο κατατάσσεται στην κατηγορία Γ.



	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 3	Σενάριο 4
►	Θέρμανση	55,2	111,2	91,3	65,9
	Ψύξη	28,3	43,9	43,9	43,7
	ZNX	20,6	51,6	2,5	2,5
	Φωτισμός	0,0	0,0	0,0	0,0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0
	Σύνολο	104,1	206,7	137,7	112,2
	Κατάταξη	-	Ε	Γ	Γ

Εικόνα 6.27: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και ενεργειακή κατάταξη για το σενάριο 4

### 6.2.5. Συνδυασμός παρεμβάσεων με θερμικό ηλιακό σύστημα για παραγωγή ZNX και υποβοήθηση θέρμανσης και Φ/Β συστήματος

Εξετάζεται η περίπτωση επέμβασης με συνδυασμό του Φ/Β συστήματος του σεναρίου 2 με το θερμικό ηλιακό σύστημα του σεναρίου 3. Το λογισμικό δίνει τις ακόλουθες ενεργειακές καταναλώσεις.

Ενεργειακές απαιτήσεις (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Αпр.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	12,3	9,3	6,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,6	9,8	41,6
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	13,2	18,1	16,0	3,1	0,0	0,0	0,0	52,9
Υγρανση	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ZNX	1,8	1,6	1,7	1,5	1,4	1,1	1,0	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	16,8

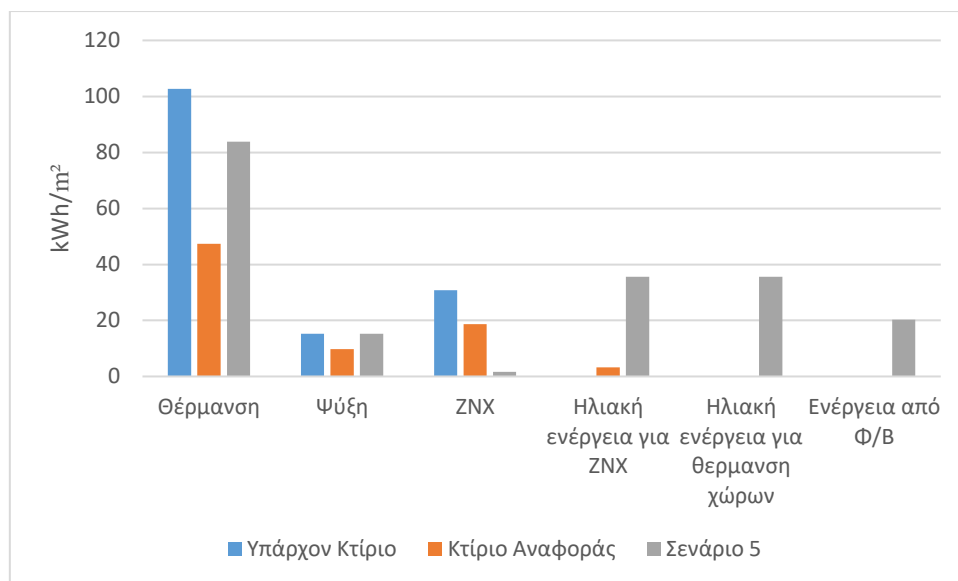
  

Ενεργειακή κατανάλωση (kWh/m <sup>2</sup> )	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Αпр.	Μαι.	Ιουν.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.	Ετήσιο
► Θέρμανση	26,5	19,5	10,9	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,8	20,9	83,8
Ηλιακή ενέργεια για θέρμανση χώρων	2,3	2,2	2,8	3,0	3,4	3,4	3,6	3,7	3,5	3,1	2,4	2,1	35,6
Ψύξη	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	3,8	5,2	4,6	0,9	0,0	0,0	0,0	15,2
ZNX	0,6	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	1,6
Ηλιακή ενέργεια για ζεστό νερό χρήσης	2,3	2,2	2,8	3,0	3,4	3,4	3,6	3,7	3,5	3,1	2,4	2,1	35,6
Φωτισμός	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ενέργεια από φωτοβολταϊκά - ΣΗΘ	0,8	0,9	1,5	1,9	2,5	2,7	2,8	2,5	1,9	1,4	0,8	0,6	20,3
Σύνολο	27,1	19,7	11,0	0,1	0,7	3,8	5,2	4,6	0,9	0,0	5,8	21,5	100,5

Πηγή ενέργειας	Κατανάλωση καυσίμων (kWh/m <sup>2</sup> )	Εκπομπές CO <sub>2</sub> (kg/m <sup>2</sup> )
► Ηλεκτρισμός	0,3	0,3
Πετρέλαιο	0,0	0,0
Φυσικό αέριο	83,1	16,3
Άλλα ορυκτά καύσιμα	0,0	0,0
Ηλιακή	71,2	0,0
Βιομάζα	0,0	0,0
Γεωθερμία	0,0	0,0
Άλλο ΑΠΕ	0,0	0,0
Σύνολο	100,5	16,6

Εικόνα 6.28: Ενεργειακές καταναλώσεις για την περίπτωση του σεναρίου 5



Εικόνα 6.29: Ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις για το υπάρχον κτίριο, το κτίριο αναφοράς και το σενάριο 5 (ιδία επεξεργασία)

Σε αυτήν την περίπτωση οι ετήσιες ενεργειακές καταναλώσεις μειώνονται στις 100,5 kWh/m<sup>2</sup> έναντι 148,6 kWh/m<sup>2</sup> για το υπάρχον κτίριο. Η συνολική πρωτογενής ενέργεια περιορίζεται στις 99,9 kWh/m<sup>2</sup>, δηλαδή έχουμε εξοικονόμηση 106,8 kWh/m<sup>2</sup> (51,7 %). Οι εκπομπές CO<sub>2</sub> περιορίζονται σε 16,6 kg/m<sup>2</sup>, που σημαίνει πως έχουμε μείωση 34,2 kg/m<sup>2</sup> (67,19 %). Τελικά το κτίριο κατατάσσεται στην ενεργειακή κατηγορία Β.

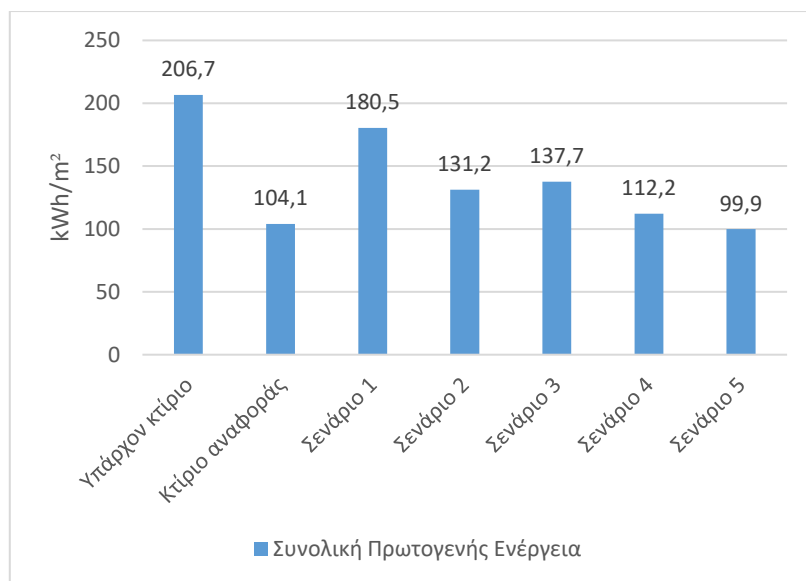
	Τελική χρήση	Κτίριο αναφοράς	Υπάρχον κτίριο	Σενάριο 3	Σενάριο 4	Σενάριο 5
►	Θέρμανση	55,2	111,2	91,3	65,9	91,3
	Ψύξη	28,3	43,9	43,9	43,7	43,9
	ZNX	20,6	51,6	2,5	2,5	2,5
	Φωτισμός	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Συνεισφορά ΑΠΕ - ΣΗΘ	0,0	0,0	0,0	0,0	37,8
	Σύνολο	104,1	206,7	137,7	112,2	99,9
	Κατάταξη	-	Ε	Γ	Γ	Β

Εικόνα 6.30: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (kWh/m<sup>2</sup>) και ενεργειακή κατάταξη για το σενάριο 5

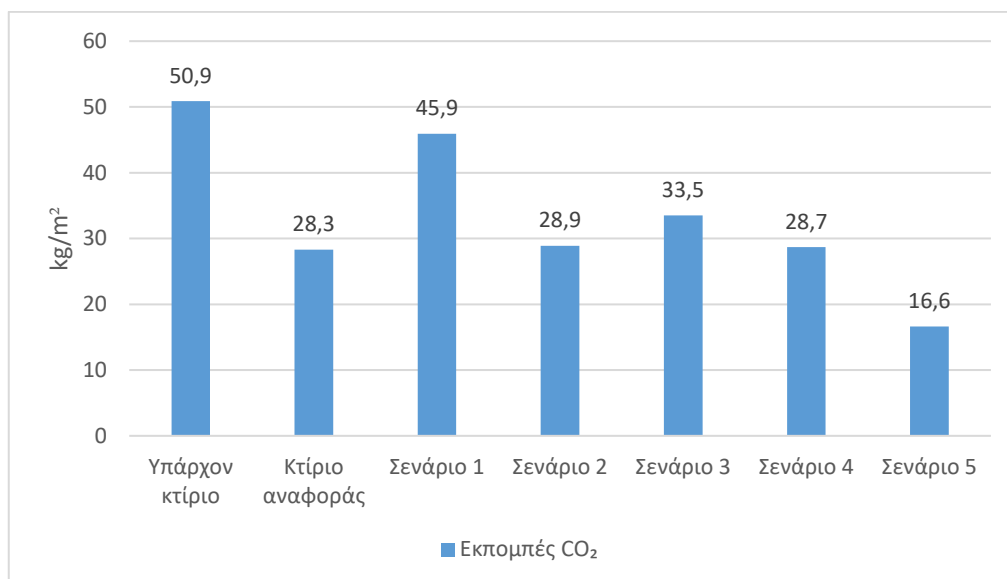
#### 6.2.6. Συγκεντρωτικά στοιχεία για τις επεμβάσεις στην κατοικία

Η συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας και οι εκπομπές CO<sub>2</sub> για το υπάρχον κτίριο, το κτίριο αναφοράς και τα έξι σενάρια επεμβάσεων δίνονται στα επόμενα διαγράμματα.





Εικόνα 6.31: Διάγραμμα για την συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας (ίδια επεξεργασία)



Εικόνα 6.32: Εκπομπές CO<sub>2</sub> για το υπάρχον κτίριο, το κτίριο αναφοράς και τα πέντε σενάρια επεμβάσεων (ίδια επεξεργασία)

Βλέπουμε ότι η περίπτωση του σεναρίου 5 που αναφέρεται σε συνδυασμό επέμβασης με Φ/Β σύστημα και ηλιακούς συλλέκτες για παραγωγή ZNX και υποβοήθηση θέρμανσης είναι η πιο αποδοτική ενεργειακά. Οδηγεί σε κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 99,9 kWh/m<sup>2</sup>, που είναι χαμηλότερη από αυτήν του κτιρίου αναφοράς (104,1 kWh/m<sup>2</sup>) και επομένως κατατάσσει την κατοικία στην ενεργειακή κατηγορία B. Προφανώς, οδηγεί και στις χαμηλότερες εκπομπές CO<sub>2</sub> από όλες τις περιπτώσεις, ίσες με 16,6 kg/m<sup>2</sup>. Ακολουθεί το σενάριο 4 που αναφέρεται σε συνδυασμό αντικατάστασης κουφωμάτων και εγκατάστασης θερμικού ηλιακού συστήματος που οδηγεί σε κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 112,5 kWh/m<sup>2</sup> και

κατατάσσει την κατοικία στην ενεργειακή κατηγορία Γ. Για την περίπτωση αυτή, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> είναι 28,7 kg/m<sup>2</sup>. Στην ίδια ενεργειακή κατηγορία κατατάσσουν την κατοικία τα σενάρια 2 και 3 με συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 131,2 kWh/m<sup>2</sup> και 137,7 kWh/m<sup>2</sup> αντίστοιχα. Τέλος, η λιγότερο ενεργειακά αποδοτική επέμβαση είναι το σενάριο 1 (αντικατάσταση κουφωμάτων) που αναβαθμίζει την κατοικία στην κατηγορία Δ και οδηγεί στην μικρότερη μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub>.

Όσο αφορά την οικονομοτεχνική ανάλυση για την περίπτωση των προτεινόμενων επεμβάσεων, ευνοϊκότερη περίπτωση αποτελεί το σενάριο 3 που αφορά την επέμβαση με ΘΗΣ με χρόνο αποπληρωμής 6,5 χρόνια. Όπως αναφέραμε και για την περίπτωση του γραφείου, το λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ. δεν προσφέρει την δυνατότητα καθορισμού από τον χρήστη των παραμέτρων της οικονομικής ανάλυσης. Συνεπώς, στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εστίασαμε κατά κύριο λόγο στο κομμάτι της ενεργειακής ανάλυσης.

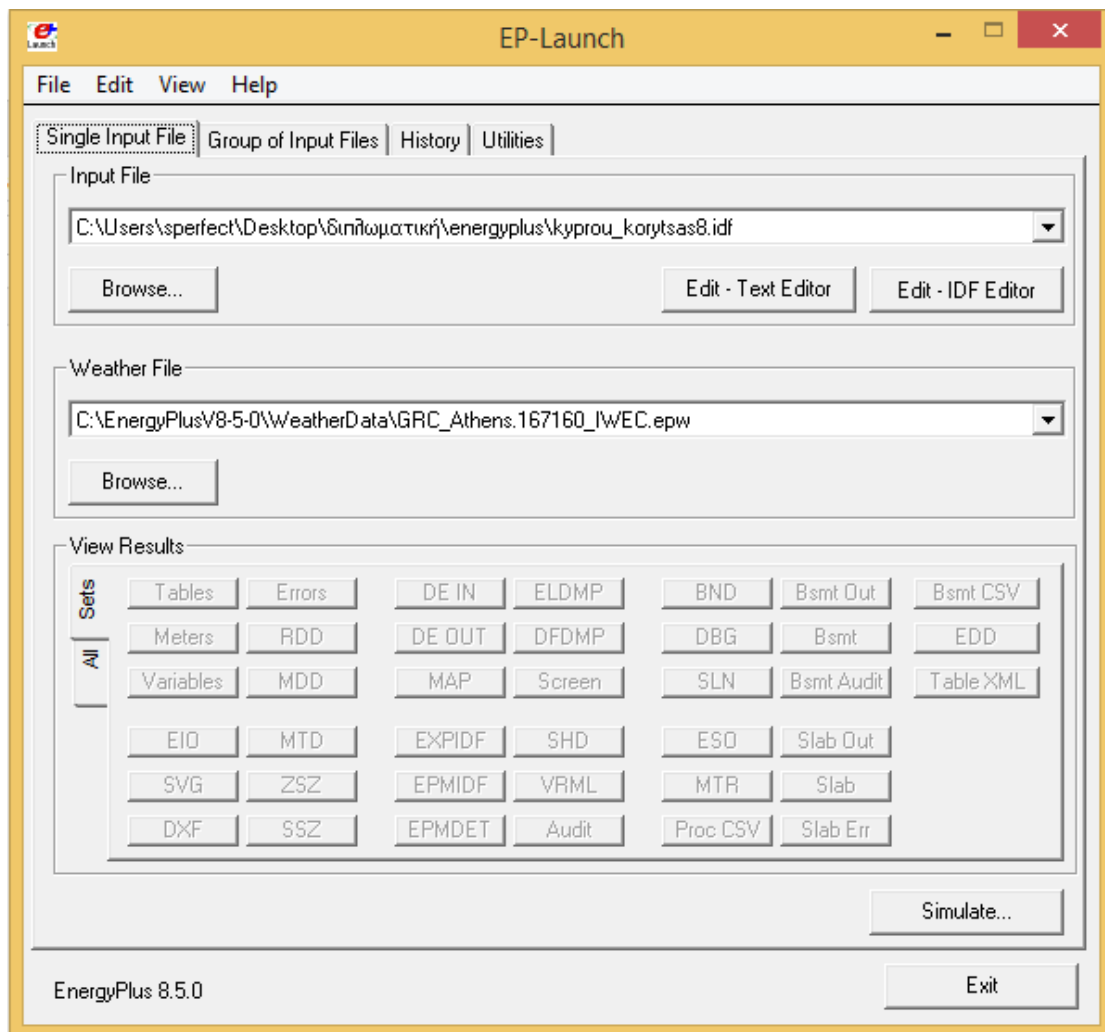
## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ENERGY PLUS**

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται προσομοίωση του κτιρίου με χρήση του λογισμικού energy plus, με σκοπό την παρέμβαση στο κέλυφος με παθητικά ηλιακά συστήματα και συγκεκριμένα τοίχους Trombe. Σημειώνεται δε, ότι η επιλογή διαφορετικού λογισμικού για την συγκεκριμένη μεταροπή είναι αναγκαία, καθώς το πρόγραμμα TEE-K.Εν.Α.Κ. δεν διαθέτει τη δυνατότητα για τη συγκεκριμένη μετατροπή.

### **7.1. Το πρόγραμμα energy plus**

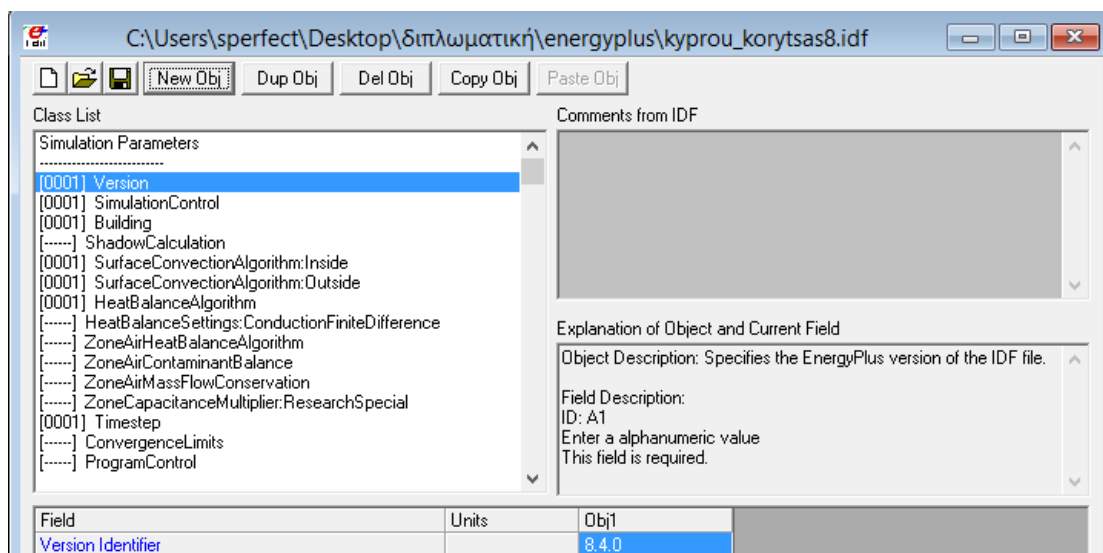
Το energy plus αποτελεί ένα πρόγραμμα ενεργειακής προσομοίωσης κτιρίων, το οποίο έχει αναπτυχθεί από το υπουργείο ενέργειας του αμερικανικού κράτους. Χρησιμοποιείται από μηχανικούς, αρχιτέκτονες και ερευνητές με σκοπό την μοντελοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας για θέρμανση, ψύξη, φωτισμό και αερισμό, καθώς και την κατανάλωση νερού, με σκοπό τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού του ώστε να αποφέρει ενεργειακά ωφέλη ([energyplus.net](http://energyplus.net)). Με το υποπρόγραμμα IDF Editor ο χρήστης διαμορφώνει το αρχείο εισόδου με τα χαρακτηριστικά του μελετούμενου κτιρίου ενώ με το EP Launch εκτελείται η προσομοίωση με την επιλογή simulate. Παράλληλα εισάγουμε και το αρχείο με τα κλιματολογικά δεδομένα της περιοχής που θέλουμε.

Έτσι τα παραπάνω φαίνονται στην επόμενη εικόνα, όπου παρουσιάζεται το υποπρόγραμμα EP Launch του Energy Plus.



Εικόνα 7.1: Το υποπρόγραμμα EP Launch.

Το IDF Editor όπως είπαμε, δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να κατασκευάσει το μελετούμενο κτίριο. Διαθέτει κατηγορίες (classes) που αφορούν στοιχεία του κτιρίου (κέλυφος, γεωμετρία, συστήματα κλπ). Κάθε κατηγορία αντίστοιχα χωρίζεται σε υποκατηγορίες στις οποίες ο χρήστης εισάγει περισσότερες λεπτομέρειες αν χρειάζεται.



Εικόνα 7.2: Το υποπρόγραμμα IDF Editor.

Έτσι, παρακάτω δίνονται όλες οι κατηγορίες για τις οποίες θα εισαχθούν δεδομένα στο IDF Editor.

Πίνακας 7.1. Κατηγορίες του προγράμματος energy plus

Κατηγορίες στο IDF Editor
Simulation Parameters
Location and Climate
Schedules
Surface Construction Elements
Thermal Zones and Surfaces
HVAC Templates

Στη συνέχεια αναλύεται κάθε μια από τις παραπάνω κατηγορίες.

## 7.2. Οι Κατηγορίες του IDF Editor

### 7.2.1. Κατηγορία Simulation Parameters

Σε αυτήν την κατηγορία εισάγονται γενικά που αφορούν το κτίριο και την προσομοίωση του.

Υποκατηγορία Simulation Control: Ο χρήστης δίνει τιμές ανάλογα με το είδος της προσομοίωσης που θέλει να πραγματοποιήσει (π.χ διαστασιολόγηση συστημάτων).

Υποκατηγορία Building: Δηλώνεται το όνομα του κτιρίου, η θέση του σε σχέση με τον βορρά (55°), ο τύπος του εδάφους (έδαφος πόλης), ο τρόπος διανομής της ηλιακής ακτινοβολίας (full exterior default τιμή) ( <https://bigladdersoftware.com/>).

Υποκατηγορία Timestep: Εισάγεται το χρονικό βήμα βάσει του οποίου θα γίνουν οι υπολογισμοί μεταφοράς θερμότητας (6 χρονικά βήματα την ώρα) (<https://bigladdersoftware.com/>).

### 7.2.2. Κατηγορία Location and Climate

Στη συγκεκριμένη κατηγορία εισάγονται στοιχεία που αφορούν την περιοχή που βρίσκεται το κτίριο όπως γεωγραφικές συντεταγμένες και η ζώνη ώρας. Επίσης θεωρούμε ως περίοδο λειτουργίας του κτιρίου ολόκληρο το έτος.

### 7.2.3. Κατηγορία Schedules

Με αυτήν την κατηγορία ο χρήστης διαμορφώνει την χρονική διάρκεια λειτουργίας πολλών παραμέτρων, όπως η λειτουργία του φωτισμού, του συστήματος θέρμανσης για κάθε θερμική ζώνη η ανθρώπινη παρουσία κλπ.

Εδώ επιλέχθηκε η υποκατηγορία Schedule:Compact. Δημιουργήθηκαν χρονοδιαγράμματα που αφορούν τον φωτισμό του γραφείου, τις ώρες λειτουργίας του, την λειτουργία του συστήματος θέρμανσης και κλιματισμού. Έτσι, παρακάτω αναλύονται τα χρονοδιαγράμματα που δημιουργήθηκαν και θα χρησιμοποιηθούν στις επομένως κατηγορίες του IDF Editor.

#### Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας φωτισμού γραφείου

Στην περίπτωση αυτή, θεωρούμε πως υπάρχει στο γραφείο φωτισμός ασφαλείας για τις ώρες που είναι εκτός λειτουργίας, επομένως ο συντελεστής παραμένει μη μηδενικός. Ολόκληρο το πρόγραμμα για τον φωτισμό φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

Obj1
Office Lights Schedule
Fraction
Through: 12/31
For: Weekdays
Until: 05:00
0,05
Until: 07:00
0,1
Until: 08:00
0,3
Until: 17:00
0,9
Until: 18:00
0,5
Until: 20:00
0,3
Until: 22:00
0,2
Until: 23:00
0,1
Until: 24:00
0,05
For: SummerDesignDay
Until: 24:00
1

Εικόνα 7.3: Χρονοδιάγραμμα φωτισμού γραφείου

For: Saturday
Until: 06:00
0,05
Until: 08:00
0,1
Until: 12:00
0,3
Until: 17:00
0,15
Until: 24:00
0,05
For: WinterDesignDay
Until: 24:00
0
For: Sunday Holidays AllOtherDays
Until: 24:00
0,05

Εικόνα 7.4: Χρονοδιάγραμμα φωτισμού γραφείου (συνεχ.)

### Χρονοδιάγραμμα ανθρώπινης παρουσίας στο γραφείο

Θεωρούμε ότι ο συντελεστής λαμβάνει την υψηλότερη τιμή του το μεσημέρι, ενώ είναι μηδενικός τις βραδυνές ώρες που το γραφείο είναι εκτός λειτουργίας.

Obj2
Office Occupancy Schedule
Fraction
Through: 12/31
For: Weekdays
Until: 06:00
0
Until: 07:00
0,1
Until: 08:00
0,2
Until: 12:00
0,95
Until: 13:00
0,5
Until: 17:00
0,95
Until: 18:00
0,3
Until: 20:00
0,1
Until: 24:00
0,05

Εικόνα 7.5: Χρονοδιάγραμμα ανθρώπινης παρουσίας στο γραφείο

Obj2
For: SummerDesignDay
Until: 06:00
0
Until: 22:00
1
Until: 24:00
0,05
For: Saturday
Until: 06:00
0
Until: 08:00
0,1
Until: 12:00
0,3
Until: 17:00
0,1
Until: 19:00
0
Until: 24:00
0
For: WinterDesignDay
Until: 24:00
0
For: Sunday Holidays AllOtherDays
Until: 06:00
0
Until: 18:00
0

Εικόνα 7.6: Χρονοδιάγραμμα ανθρώπινης παρουσίας στο γραφείο (συνέχεια)

Παρακάτω δίνεται επίσης και το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του γραφείου. Δίνουμε την τιμή μηδέν για τις ώρες που είναι κλειστό και την τιμή ένα για τις ώρες λειτουργίας.

Obj3
Hours of Operation Schedule
On/Off
Through: 12/31
For: Weekdays SummerDesignDay
Until: 06:00
0
Until: 22:00
1
Until: 24:00
0
For: Saturday WinterDesignDay
Until: 06:00
0
Until: 18:00
1
Until: 24:00
0
For: Sunday Holidays AllOtherDays
Until: 24:00
0

Εικόνα 7.7: Χρονοδιάγραμμα λειτουργίας γραφείου

### Χρονοδιάγραμμα συστημάτων θέρμανσης, αερισμού, κλιματισμού

Δίνεται η τιμή μηδέν για τις ώρες που το γραφείο είναι κλειστό και η τιμή ένα για τις ώρες που είναι ανοικτό.



Obj10
Office HVAC
on/off
Through: 12/31
For: Weekdays SummerDesignDay
Until: 06:00
0
Until: 22:00
1
Until: 24:00
0
For: Saturday WinterDesignDay
Until: 06:00
0
Until: 18:00
1
Until: 24:00
0
For: Sunday Holidays AllOtherDays
Until: 24:00
0

Εικόνα 7.8: Χρονοδιάγραμμα συστημάτων θέρμανσης, αερισμού, κλιματισμού

#### 7.2.4. Κατηγορία Surface Construction Elements

Αυτή η κατηγορία περιγράφει τις φυσικές ιδιότητες και τη σύνθεση του κτιριακού κελύφους και των εσωτερικών του στοιχείων. Τα στοιχεία που προσδιορίζονται είναι οι εξωτερικοί/εσωτερικοί τοίχοι, τα δάπεδα/οροφές, τα παράθυρα και οι πόρτες (<https://bigladdersoftware.com/>).

##### Υποκατηγορία Material

Εδώ εισάγονται όλα τα δομικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή του κτιριακού κελύφους. Όπως φαίνεται και από την Εικόνα 7.9, πρέπει να εισάγουμε το όνομα του υλικού μαζί με την πυκνότητα, το πάχος, την αγωγιμότητα, την ειδική θερμότητα καθώς και την τραχύτητα. Τις τιμές για τις ιδιότητες αυτές τις λαμβάνουμε από την μελέτη θερμομόνωσης.

IDF Editor - [C:\Users\Panagiotis\Desktop\backup\δπλ\ωμ\energyplus\kyprou\_korytsas8.idf]

File Edit View Jump Window Help

New Obj Dup Obj Del Obj Copy Obj Paste Obj

Class List

- [ ] Schedule:Year
- [0010] Schedule:Compact
- [ ] Schedule:Constant
- [ ] Schedule:File
- Surface Construction Elements
- [0015] **Material**
- [ ] Material:NoMass
- [ ] Material:InfraredTransparent
- [0001] Material:AirGap
- [ ] Material:RoofVegetation
- [0001] WindowMaterial:SimpleGlazingSystem
- [ ] WindowMaterial:Glazing
- [ ] WindowMaterial:GlazingGroup:Thermochromic
- [ ] WindowMaterial:Glazing:RefractionExtinctionMethod
- [ ] WindowMaterial:Gas
- [ ] WindowGap:SupportPillar

Comments from IDF

Explanation of Object and Current Field

Object Description: Regular materials described with full set of thermal properties

Field Description:

ID: A1

Enter a alphanumeric value

This field is required.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6	Obj7	Obj8
Name		E01 επίστρωμα 24	B02 Brick	M03 Monosi 5	M04 Monosi 131	M05 Marmaro	A06 asbestokorionia	M07 Monosi 145	B08 Beton
Roughness		MediumSmooth	MediumRough	MediumRough	MediumRough	MediumSmooth	MediumSmooth	MediumRough	MediumRough
Thickness	m	0.024	0.09	0.05	0.131	0.02	0.02	0.145	0.15
Conductivity	W/m-K	0.872	0.523	0.041	0.041	3.488	0.872	0.041	2.035
Density	kg/m3	1900	1200	35	35	2400	1900	35	2400
Specific Heat	J/kg-K	1090	790	1210	1210	920	1090	1210	920
Thermal Absorptance									
Solar Absorptance									
Visible Absorptance									

Εικόνα 7.9: Τα πεδία της υποκατηγορίας Material

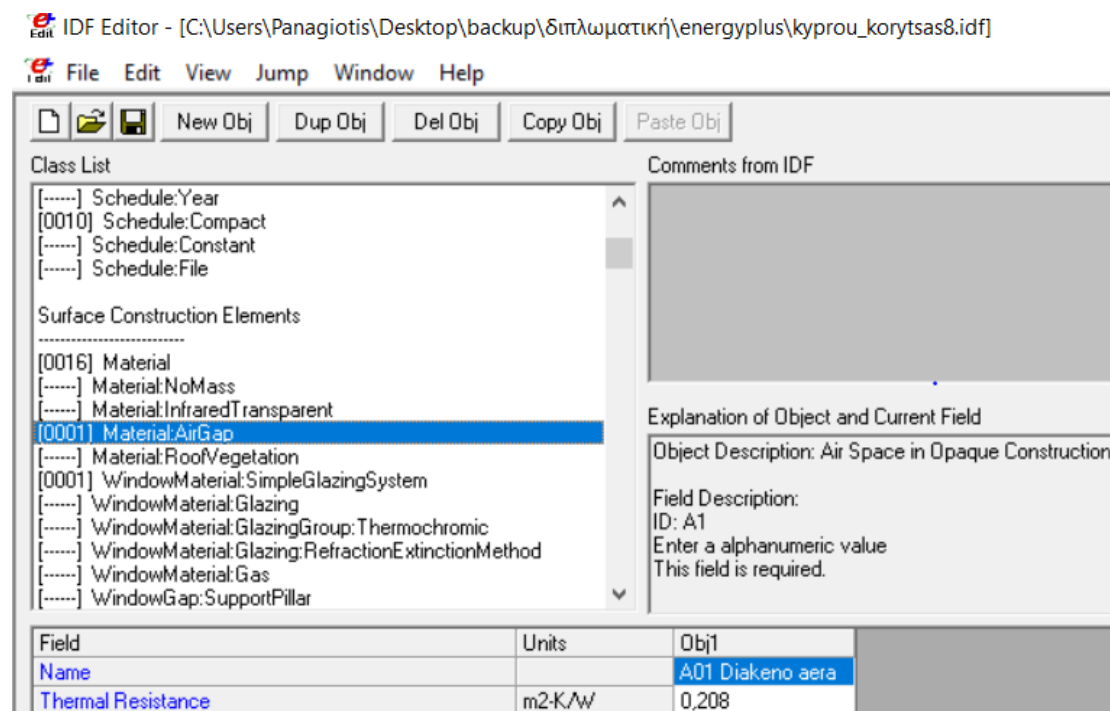
Παρότι τα υλικά αυτά αναφέρονται και στο Κεφάλαιο 4 τα αναφέρουμε πάλι για λόγους πληρότητας στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 7.2: Δομικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν

Υλικό	Πυκνότητα (Kg/m <sup>3</sup> )	Πάχος (m)	Αγωγιμότητα (W/mK)	Ειδική θερμότητα (J/kg K)
Επίχρισμα	1900	0,02	0,872	1090
Οπτόπλινθος	1200	0,09	0,523	790
Μόνωση	35	0,05	0,041	1210
Μάρμαρο	2400	0,02	3,488	920
Ασβεστοκονίαμα	1900	0,02	0,872	1090
Μπετόν	2400	0,15	2,035	920
Γαρμπιλοσκυρόδεμα	1500	0,06	0,64	840

#### Υποκατηγορία Material: AirGap

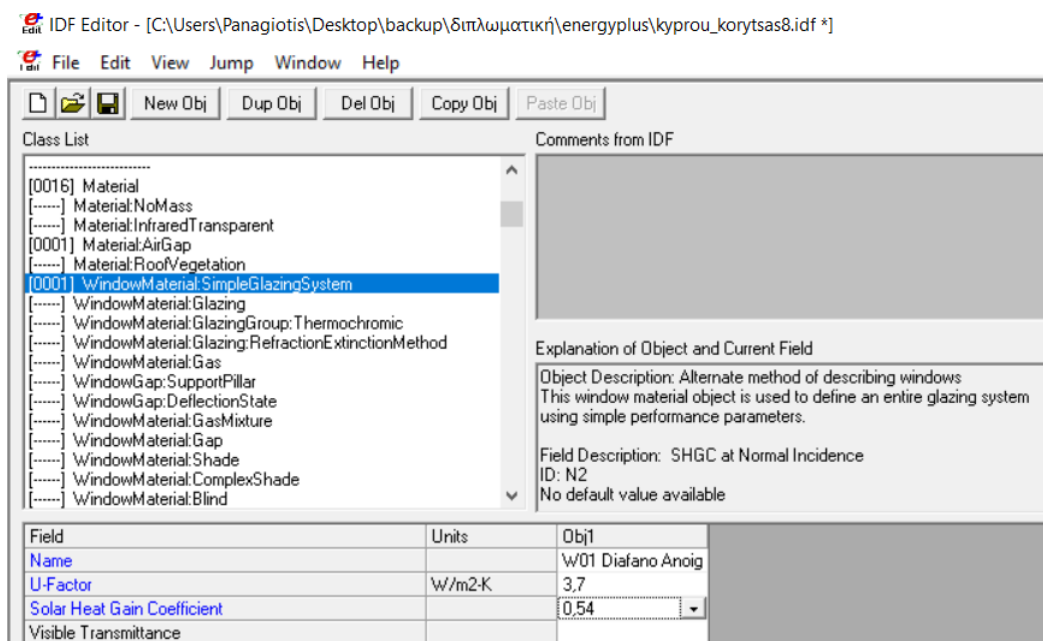
Η συγκεκριμένη υποκατηγορία χρησιμοποιείται για να περιγράψει το κενό που μπορεί να υπάρχει σε ένα αδιαφανές δομικό στοιχείο της κατασκευής.



Εικόνα 7.10: Υποκατηγορία Material: AirGap

#### Υποκατηγορία WindowMaterial: SimpleGlazingSystem

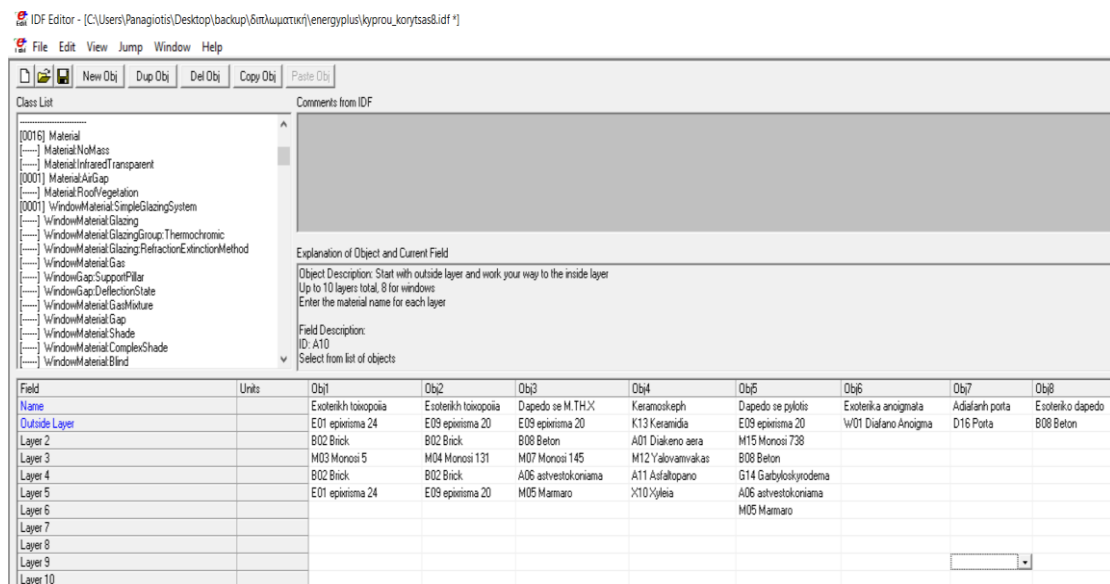
Εισάγουμε τα δεδομένα για τις διαφανείς επιφάνειες, όπως χρησιμοποιήθηκαν και για την προσομοίωση με το λογισμικό TEE-KEvAK. Έχουμε συντελεστή θερμοπερατότητας ίσο με 3,7 W/m<sup>2</sup> K και συντελεστή ηλιακού θερμικού κέρδους κουφώματος 0,54.



Εικόνα 7.11: Υποκατηγορία Window Material: Simple Glazing System

### Υποκατηγορία Construction

Σχηματίζουμε το κέλυφος του κτιρίου εισάγοντας τα υλικά που το αποτελούν με σειρά από το εξωτερικό στρώμα προς το εσωτερικό. Τα υλικά αυτά αντλήθηκαν από την υποκατηγορία Material για τα αδιαφανή στοιχεία και από την υποκατηγορία WindowMaterial: SimpleGlazingSystem για τα διαφανή δομικά στοιχεία.



Εικόνα 7.12: Παράμετροι υποκατηγορίας Construction

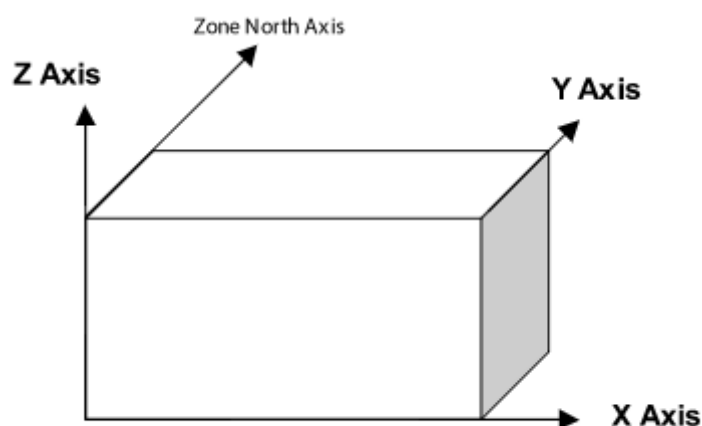
### 7.2.5. Κατηγορία Thermal Zones and Surfaces

Στην κατηγορία αυτή περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των θερμικών ζωνών, καθώς και οι λεπτομέρειες κάθε επιφάνειας του κτιρίου που πρόκειται να

μοντελοποιηθεί, συμπεριλαμβανομένων και των επιφανειών σκίασης (<https://bigladdersoftware.com/>).

### Υποκατηγορία Global Geometry Rules

Για να εισαχθούν με λεπτομέρεια όλες οι επιφάνειες του κτιρίου δίνεται μια περιγραφή των γεωμετρικών παραμέτρων που χρησιμοποιούνται. Έτσι το EnergyPlus χρησιμοποιεί ένα τρισδιάστατο σύστημα συντεταγμένων, για τον καθορισμό των επιφανειών. Ο άξονας X δείχνει την ανατολή, ο άξονας Y τον βορρά και ο άξονας Z πάνω, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 7.13: Το σύστημα συντεταγμένων του EnergyPlus (<https://bigladdersoftware.com/>)

Έτσι, στο πεδίο Starting Vertex Position εισάγουμε το αρχικό σημείο κάθε επιφάνειας (LowerLeftCorner), ενώ στο πεδίο Vertex Entry Direction εισάγουμε τη φορά που θα ακολουθούμε (Counterclockwise).

Field	Units	Obj1
Starting Vertex Position		LowerLeftCorner
Vertex Entry Direction		Counterclockwise
Coordinate System		Relative
Daylighting Reference Point Coordinate System		Relative
Rectangular Surface Coordinate System		Relative

Εικόνα 7.14: Η υποκατηγορία GlobalGeometryRules

### Υποκατηγορία Zone

Σε αυτήν την υποκατηγορία ορίζονται οι θερμικές ζώνες. Ορίζεται μία θερμική ζώνη για το γραφείο και μία για την κατοικία. Καθορίζεται επίσης η θέση των ζωνών με τον βορρά καθώς και άλλοι παράμετροι όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα.

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		GRAFEIA	KATOIKIES
Direction of Relative North	deg	0	0
X Origin	m	0	0
Y Origin	m	0	0
Z Origin	m	0	0
Type		1	1
Multiplier		1	1
Ceiling Height	m	autocalculate	autocalculate
Volume	m3	autocalculate	autocalculate
Floor Area	m2	autocalculate	autocalculate
Zone Inside Convection Algorithm			
Zone Outside Convection Algorithm			
Part of Total Floor Area		Yes	Yes

Εικόνα 7.15: Η υποκατηγορία Zone

### Υποκατηγορία BuildingSurface:Detailed

Στη συγκεκριμένη υποκατηγορία εισάγονται όλες οι αδιαφανείς επιφάνειες του κτιρίου. Εισάγουμε το όνομα που χρησιμοποιήσαμε στην κατηγορία construction, καθώς και τις συντεταγμένες κάθε επιφάνειας. Εισάγουμε επίσης στοιχεία για το αν η επιφάνεια είναι πλήρως εκτεθειμένη στο εξωτερικό περιβάλλον ή αν αποτελεί το σύνορο μεταξύ δύο θερμικών ζωνών. Τα παραπάνω παρουσιάζονται ενδεικτικά την επόμενη εικόνα.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5	Obj6
Name		DAPEDO_G1	TOIK_IS1	TOIK_IS2	TOIK_IS3	TOIK_IS4	TOIK_IS5
Surface Type		Floor	Wall	Wall	Wall	Wall	Wall
Construction Name		Dapedo se M.TH.X	Exoterikh toixopoia	Exoterikh toixopoia	Exoterikh toixopoia	Exoterikh toixopoia	Exoterikh toixopoia
Zone Name		GRAFEIA	GRAFEIA	GRAFEIA	GRAFEIA	GRAFEIA	GRAFEIA
Outside Boundary Condition		Ground	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors	Outdoors
Outside Boundary Condition Object							
Sun Exposure		NoSun	SunExposed	SunExposed	SunExposed	SunExposed	NoSun
Wind Exposure		NoWind	WindExposed	WindExposed	WindExposed	WindExposed	NoWind
View Factor to Ground		1	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate
Number of Vertices		autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate	autocalculate
Vertex 1 X-coordinate	m	0	0	4,7112	4,7112	3,4112	3,4112
Vertex 1 Y-coordinate	m	0	0	-0,4214	2,8186	2,8186	8,3486
Vertex 1 Z-coordinate	m	0	0	0	0	0	0
Vertex 2 X-coordinate	m	4,7112	4,7112	4,7112	4,7112	3,4112	3,4112
Vertex 2 Y-coordinate	m	-0,4214	-0,4214	2,8186	2,8186	8,3486	9,8986
Vertex 2 Z-coordinate	m	0	0	0	0	0	0
Vertex 3 X-coordinate	m	4,7112	4,7112	4,7112	3,4112	3,4112	3,4112
Vertex 3 Y-coordinate	m	2,8186	-0,4214	2,8186	2,8186	8,3486	9,8986
Vertex 3 Z-coordinate	m	0	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3
Vertex 4 X-coordinate	m	-0,1313	0	4,7112	4,7112	3,4112	3,4112
Vertex 4 Y-coordinate	m	2,8186	0	-0,4214	2,8186	2,8186	8,3486
Vertex 4 Z-coordinate	m	0	3,3	3,3	3,3	3,3	3,3

Εικόνα 7.16: Παράμετροι υποκατηγορίας BuildingSurface:Detailed

### Υποκατηγορίες Window, Doors και GlazedDoor

Αντίστοιχα στις υποκατηγορίες αυτές εισάγονται τα στοιχεία για τα παράθυρα, τις αδιαφανείς πόρτες και τις μπαλκονόπορτες του κτιρίου χρησιμοποιώντας τα στοιχεία που έχουν εισαχθεί στην υποκατηγορία Construction, καθώς και το όνομα του τοίχου στον οποίο ανήκουν. Ενδεικτικά παραθέτουμε την εικόνα του IDF-Editor για τα παράθυρα του κτιρίου.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4
Name		W1	W2	W3	W4
Construction Name		Exoterika anoigmat	Exoterika anoigmat	Exoterika anoigmat	Exoterika anoigmat
Building Surface Name		T0IX_IS9	T0IX_IS7	T0IX_IS7	T0IX_A2
Shading Control Name					
Frame and Divider Name					
Multiplier		1	1	1	1
Starting X Coordinate	m	1	2	0,2	2,2
Starting Z Coordinate	m	1	1	1	1,2
Length	m	1	1	1	0,6
Height	m	1,4	1,4	1,4	1,2

Εικόνα 7.17: Η υποκατηγορία Window

### Υποκατηγορία Shading:Overhang

Στην υποκατηγορία αυτή εισάγονται οι σκιάσεις από προεξοχές για τα διαφανή στοιχεία του κτιρίου. Εισάγουμε το όνομα της κάθε σκίασης, το όνομα κάθε διαφανούς δομικού στοιχείου, καθώς και το ύψος στο οποίο βρίσκεται η προεξοχή από το παράθυρο ή την πόρτα. Ενδεικτικά παραθέτουμε την εικόνα 7.18.

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		OV1	OV2	OV3	OV4	OV5
Window or Door Name		W3	GD1	GD2	W4	GD3
Height above Window or Door	m	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Tilt Angle from Window/Door	deg	90	90	90	90	90
Left extension from Window/Door Width	m	0,5	0,5	0	0,5	0,5
Right extension from Window/Door Width	m	0,5	1	1,5	1,5	1
Depth	m	1	2	1,5	1,5	2

Εικόνα 7.18: Η υποκατηγορία Shading:Overhang

## **7.2.6. Κατηγορία Internal Gains**

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, θερμικά κέρδη προκύπτουν λόγω φωτισμού στη θερμική ζώνη του γραφείου. Συνεπώς χρησιμοποιείται μόνο η υποκατηγορία «Lights».

### Υποκατηγορία Lights

Η υποκατηγορία αυτή παρέχει τη δυνατότητα καθορισμού όλων των πληροφοριών σχετικά με το σύστημα ηλεκτρικού φωτισμού μιας ζώνης, την ισχύ του καθώς και το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας του (<https://bigladdersoftware.com/>).

Field	Units	Obj1
Name		LIGHT_GRAF
Zone or ZoneList Name		GRAFEIA
Schedule Name		Office Lights Schedule
Design Level Calculation Method		LightingLevel
Lighting Level	W	1512.84
Watts per Zone Floor Area	W/m2	
Watts per Person	W/person	
Return Air Fraction		0
Fraction Radiant		0
Fraction Visible		0
Fraction Replaceable		1
End-Use Subcategory		General
Return Air Fraction Calculated from Plenum Temperature		No
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co		
Return Air Fraction Function of Plenum Temperature Co	1/K	

Εικόνα 7.19: Η υποκατηγορία Lights

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, δηλώνεται το όνομα του συστήματος φωτισμού, η ζώνη στην οποία ανήκει και το χρονοδιάγραμμα λειτουργίας όπως έχει οριστεί στην υποκατηγορία «Schedules:Compact». Όσο αφορά την ισχύ του συστήματος φωτισμού εισάγεται η τιμή που υπολογίστηκε στο κεφάλαιο 4 σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017.

### 7.2.7. Κατηγορία HVAC Templates

#### Υποκατηγορία HVACTemplate:Thermostat

Στην συγκεκριμένη υποκατηγορία όπως φαίνεται και στην επόμενη εικόνα, δηλώνεται ότι ο καθορισμός των θερμοκρασιακών ορίων της λειτουργίας του συστήματος θέρμανσης/ψύξης θα γίνει σύμφωνα με τα χρονοδιαγράμματα που έχουν οριστεί στην υποκατηγορία «Schedule:Compact».

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		GRAFEIA_Thermostat	KATOIKIES_Thermostat
Heating Setpoint Schedule Name		Heating Setpoint Schedule	Heating Setpoint Schedule
Constant Heating Setpoint	C		
Cooling Setpoint Schedule Name		Cooling Setpoint Schedule	Cooling Setpoint Schedule
Constant Cooling Setpoint	C		

Εικόνα 7.20: Η υποκατηγορία HVACTemplates:Thermostat

#### Υποκατηγορία HVACTemplate:Zone:PTAC

Με την συγκεκριμένη υποκατηγορία θεωρούμε ότι το υπάρχον σύστημα θέρμανσης ψύξης αντιπροσωπεύεται καλύτερα από ένα σύστημα PTAC που για τη θέρμανση του κτιρίου λειτουργεί με παραγωγή ζεστού νερού.

Field	Units	Obj1	Obj2
Zone Name		GRAFEIA	KATOIKIES
Template Thermostat Name		GRAFEIA_Thermostat	KATOIKIES_Thermostat
Cooling Supply Air Flow Rate	m3/s	autosize	autosize
Heating Supply Air Flow Rate	m3/s	autosize	autosize
No Load Supply Air Flow Rate	m3/s		
Zone Heating Sizing Factor		1,2	1,2
Zone Cooling Sizing Factor		1	1
Outdoor Air Method		Flow/Zone	Flow/Person
Outdoor Air Flow Rate per Person	m3/s	0,00944	0,00944
Outdoor Air Flow Rate per Zone Floor Area	m3/s-m2		
Outdoor Air Flow Rate per Zone	m3/s		
System Availability Schedule Name		Hours of Operation Schedule	Multifamily HVAC
Supply Fan Operating Mode Schedule Name			
Supply Fan Placement		DrawThrough	DrawThrough
Supply Fan Total Efficiency		0,7	0,7
Supply Fan Delta Pressure	Pa	75	75
Supply Fan Motor Efficiency		0,9	0,9
Cooling Coil Type		SingleSpeedDX	SingleSpeedDX
Cooling Coil Availability Schedule Name			
Cooling Coil Gross Rated Total Capacity	W	autosize	autosize
Cooling Coil Gross Rated Sensible Heat Ratio		autosize	autosize
Cooling Coil Gross Rated Cooling COP	W/W	2	2
Heating Coil Type		HotWater	HotWater
Heating Coil Availability Schedule Name			
Heating Coil Capacity	W	autosize	autosize
Gas Heating Coil Efficiency		0,8	0,8
Gas Heating Coil Parasitic Electric Load	W	8	8

Εικόνα 7.21: Η υποκατηγορία HVACTemplate:Zone:PTAC

Dedicated Outdoor Air System Name			
Zone Cooling Design Supply Air Temperature Input Met		SupplyAirTemperature	SupplyAirTemperature
Zone Cooling Design Supply Air Temperature	C	14	14
Zone Cooling Design Supply Air Temperature Difference	deltaC	11,11	11,11
Zone Heating Design Supply Air Temperature Input Met		SupplyAirTemperature	SupplyAirTemperature
Zone Heating Design Supply Air Temperature	C	50	50
Zone Heating Design Supply Air Temperature Difference	deltaC	30	30
Design Specification Outdoor Air Object Name			
Design Specification Zone Air Distribution Object Name			
Baseboard Heating Type		HotWater	HotWater
Baseboard Heating Availability Schedule Name		Heating Setpoint Schedule	Heating Setpoint Schedule
Baseboard Heating Capacity	W	autosize	autosize

Εικόνα 7.22: Η υποκατηγορία HVACTemplate:Zone:PTAC (συνέχεια της 7.21)

Όπως φαίνεται από τις παραπάνω εικόνες εισάγουμε για κάθε θερμική ζώνη στο πεδίο Template Thermostat Name, τα δεδομένα τα οποία δημιουργήσαμε στην υποκατηγορία HVACTemplate:Thermostat. Στο πεδίο System Availability Schedule Name εισάγουμε τα δεδομένα σχετικά με τη διαθεσιμότητα του συστήματος για τις δύο θερμικές ζώνες. Όσον αφορά την κατοικία το σύστημα θέρμανσης/ψύξης είναι συνεχώς διαθέσιμο, ενώ για το γραφείο είναι διαθέσιμο μόνο τις ώρες λειτουργίας του, όπως αυτές έχουν καθοριστεί στην υποκατηγορία «Schedule:Compact». Επίσης, ο συντελεστής COP θεωρείται ίσος με 2. Καθορίζεται τέλος στα αντίστοιχα πεδία ότι η θέρμανση του εισαγόμενου αέρα κατά την θέρμανση των χώρων γίνεται με παραγωγή ζεστού νερού.

### Υποκατηγορία HVACTemplate:Plant:HotWaterLoop



Η συγκεκριμένη υποκατηγορία περιγράφει το σύστημα σωληνώσεων που συνδέει το σύστημα θέρμανσης με το boiler.

Field	Units	Obj1
Name		HOTWL
Pump Schedule Name		Always On
Pump Control Type		Intermittent
Hot Water Plant Operation Scheme Type		Default
Hot Water Plant Equipment Operation Schemes Name		
Hot Water Setpoint Schedule Name		
Hot Water Design Setpoint	C	82
Hot Water Pump Configuration		ConstantFlow
Hot Water Pump Rated Head	Pa	179352
Hot Water Setpoint Reset Type		None
Hot Water Setpoint at Outdoor Dry-Bulb Low	C	82,2
Hot Water Reset Outdoor Dry-Bulb Low	C	-6,7
Hot Water Setpoint at Outdoor Dry-Bulb High	C	65,6
Hot Water Reset Outdoor Dry-Bulb High	C	10
Hot Water Pump Type		SinglePump
Supply Side Bypass Pipe		Yes
Demand Side Bypass Pipe		Yes
Fluid Type		EthyleneGlycol30
Loop Design Delta Temperature	deltaC	11
Maximum Outdoor Dry Bulb Temperature	C	
Load Distribution Scheme		SequentialLoad

Εικόνα 7.23: Η υποκατηγορία HVACTemplate:Plant:HotWaterLoop

#### Υποκατηγορία HVACTemplate:Plant:Boiler

Σε αυτήν την υποκατηγορία ορίζονται τα στοιχεία του boiler που παρέχει με ζεστό νερό το σύστημα θέρμανσης.

Field	Units	Obj1
Name		BOILER
Boiler Type		HotWaterBoiler
Capacity	W	8717
Efficiency		0,7
Fuel Type		NaturalGas
Priority		
Sizing Factor		1
Minimum Part Load Ratio		
Maximum Part Load Ratio		1,1
Optimum Part Load Ratio		1
Water Outlet Upper Temperature Limit	C	100
Template Plant Loop Type		HotWater

Εικόνα 7.24: Η υποκατηγορία HVACTemplate:Plant:Boiler

## 7.2.8. Κατηγορία Water Heaters and Thermal Storage

### Υποκατηγορία WaterHeater:Mixed

Σε αυτήν την κατηγορία εισάγουμε τα στοιχεία για τον ηλεκτρικό θερμοσίφωνα, όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα:

Field	Units	Obj1	Obj2
Name		THERM_GR	THERM_KAT
Tank Volume	m3	2	2
Setpoint Temperature Schedule Name		Heating Setpoint Schedule	Heating Setpoint Schedul
Deadband Temperature Difference	deltaC		
Maximum Temperature Limit	C	50	50
Heater Control Type		Cycle	Cycle
Heater Maximum Capacity	W	8000	8000
Heater Minimum Capacity	W		
Heater Ignition Minimum Flow Rate	m3/s		
Heater Ignition Delay	s		
Heater Fuel Type		Electricity	Electricity
Heater Thermal Efficiency		1	1
Part Load Factor Curve Name			
Off Cycle Parasitic Fuel Consumption Rate	W		
Off Cycle Parasitic Fuel Type			
Off Cycle Parasitic Heat Fraction to Tank			
On Cycle Parasitic Fuel Consumption Rate	W		
On Cycle Parasitic Fuel Type			
On Cycle Parasitic Heat Fraction to Tank			
Ambient Temperature Indicator		Schedule	Schedule
Ambient Temperature Schedule Name		Hours of Operation Schedule	Multifamily S'w/H
Ambient Temperature Zone Name			
Ambient Temperature Outdoor Air Node Name			
Off Cycle Loss Coefficient to Ambient Temperature	W/K		
Off Cycle Loss Fraction to Zone		1	1
On Cycle Loss Coefficient to Ambient Temperature	W/K		
On Cycle Loss Fraction to Zone		1	1

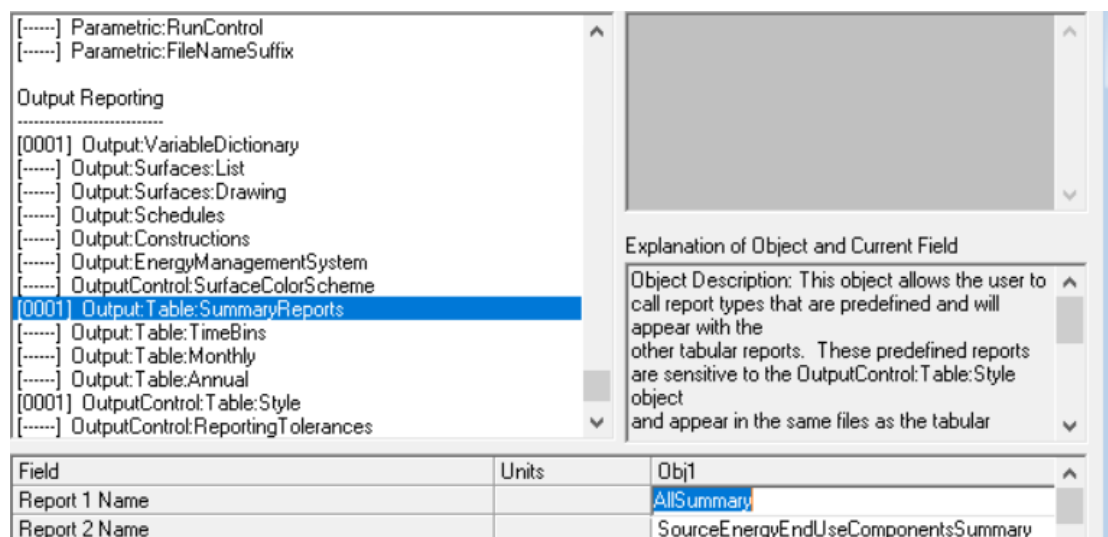
Εικόνα 7.25: Η υποκατηγορία WaterHeater:Mixed

## 7.3. Αποτελέσματα προσομοίωσης – Κατηγορία Output Reporting

Σε αυτήν την κατηγορία ο χρήστης διαμορφώνει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης.

### Υποκατηγορία Output:Table:SummaryReports

Η υποκατηγορία αυτή καθορίζει ποιά προκαθορισμένα αποτελέσματα σε μορφή πίνακα θα παραχθούν. Επιλέγουμε τα πεδία AllSummary και SourceEnergyEndUseComponentsSummary, όπου μεταξύ άλλων θα μας δώσουν τις ετήσιες καταναλώσεις ενέργειας για ολόκληρο το κτίριο καθώς και την συνολική ετήσια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας.



Εικόνα 7.26: Η υποκατηγορία Output:Table:SummaryReports

Έτσι, για την συνολική κατανάλωση ενέργειας του κτιρίου έχουμε τον ακόλουθο πίνακα:

Πίνακας 7.4: Η συνολική κατανάλωση ενέργειας για το κτίριο

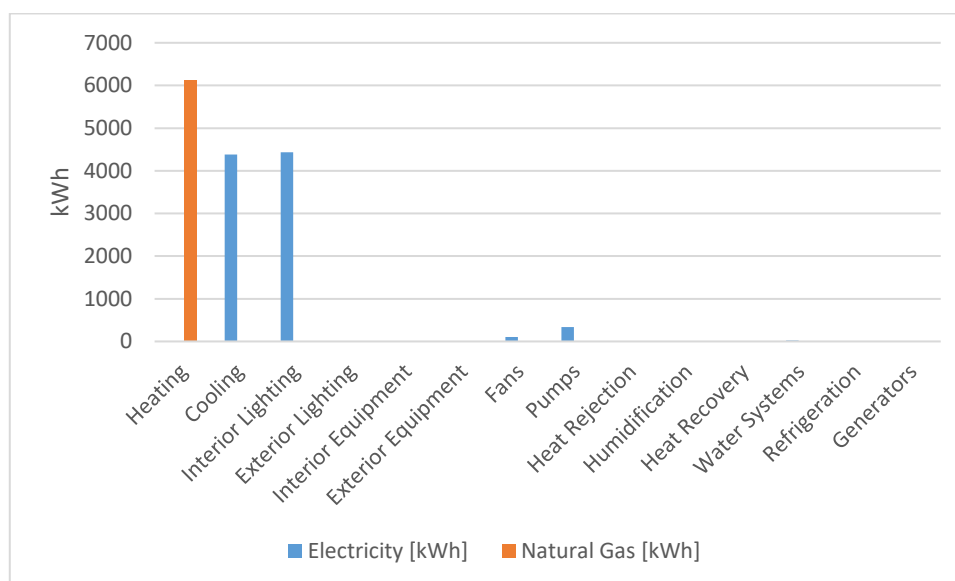
	Ενέργεια (kWh)	Ενέργεια ανά επιφάνεια (kWh/m <sup>2</sup> )
Ολική Ενέργεια	15409,31	93,26
Πρωτογενής Ενέργεια	33044,41	199,98

Πιο αναλυτικά, όσο αφορά την ετήσια κατανάλωση ενέργειας για τις τελικές χρήσεις έχουμε:

Πίνακας 7.5: Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh) του κτιρίου ανά τελική χρήση

	Electricity [kWh]	Natural Gas [kWh]
Heating	0	6127,68
Cooling	4384,5	0
Interior Lighting	4432,47	0
Exterior Lighting	0	0
Interior Equipment	0	0
Exterior Equipment	0	0
Fans	103,92	0
Pumps	335,68	0
Heat Rejection	0	0
Humidification	0	0
Heat Recovery	0	0
Water Systems	25,06	0
Refrigeration	0	0
Generators	0	0
Total End Uses	9281,63	6127,68

Και σε μορφή διαγράμματος:



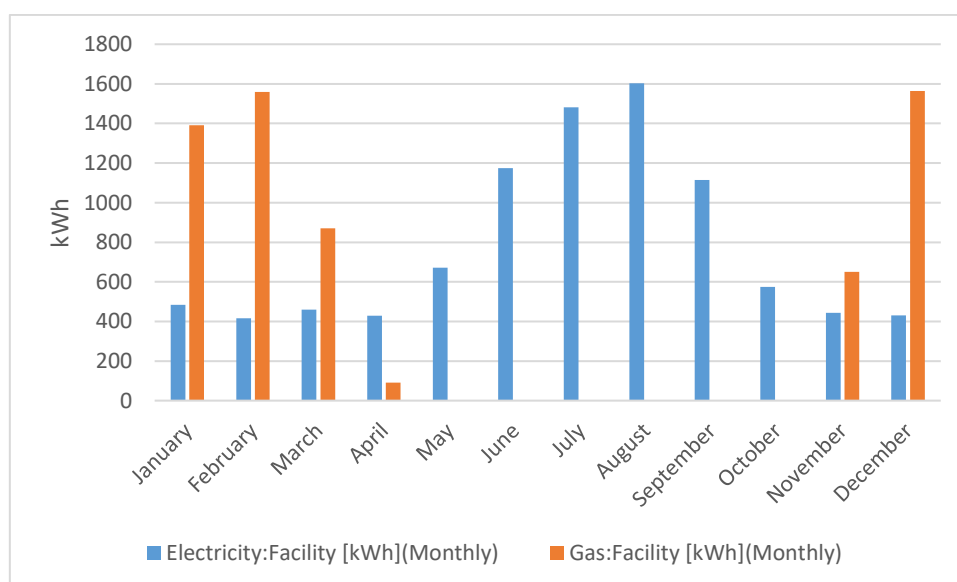
Εικόνα 7.27: Η ετήσια κατανάλωση ενέργειας (kWh) του κτιρίου ανά τελική χρήση (ιδία επεξεργασία)

Επίσης, εξήχθησαν οι μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου για ολόκληρο το κτίριο, καθώς και οι αντίστοιχες μηνιαίες εκπομπές CO<sub>2</sub>, όπως φαίνεται στον επόμενο πίνακα:

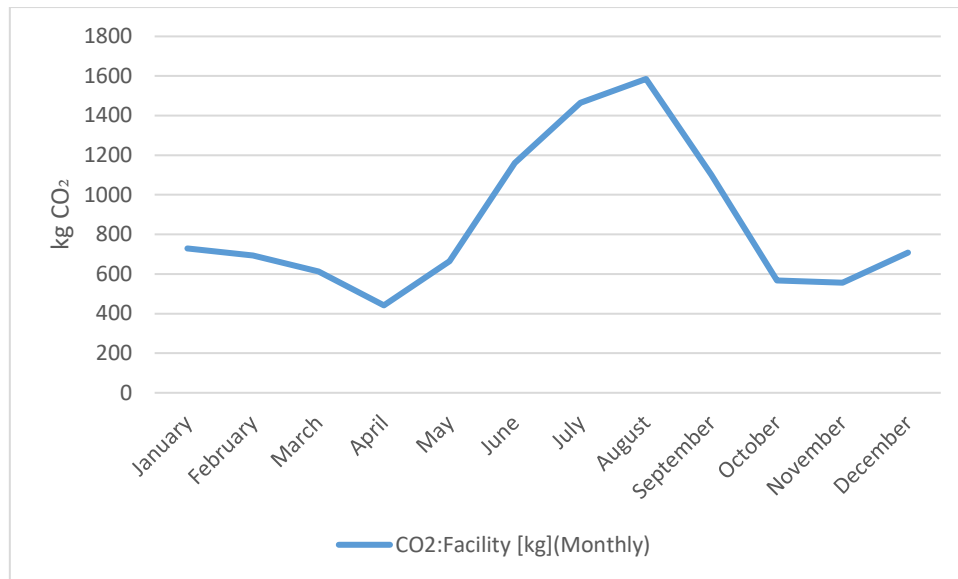
Πίνακας 7.6: Μηνιαίες καταναλώσεις ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου, καθώς και εκπομπές CO<sub>2</sub> για ολόκληρο το κτίριο

Date/Time	Electricity:Facility [kWh](Monthly)	Gas:Facility [kWh](Monthly)	CO2:Facility [kg](Monthly)
January	483,3256061	1391,397354	729,6346108
February	416,1778256	1559,455318	693,6176982
March	460,0216872	870,5589156	612,3966308
April	429,6761442	91,77274311	441,5462351
May	671,8575792	0	664,4671404
June	1174,458154	0	1161,539105
July	1481,026376	0	1464,735074
August	1602,768994	0	1585,138522
September	1113,68831	0	1101,43773
October	574,2719181	0	567,9549224
November	443,7261936	650,8544042	556,5481881
December	430,6310842	1563,640492	708,6688335
Total	9281,629872	6127,679226	10287,68469

Τα παραπάνω μπορούν να φανούν και στα επόμενα διαγράμματα. Το πρώτο αφορά τις μηνιαίες καταναλώσεις ενέργειας και το δεύτερο τις μηνιαίες εκπομπές CO<sub>2</sub>.

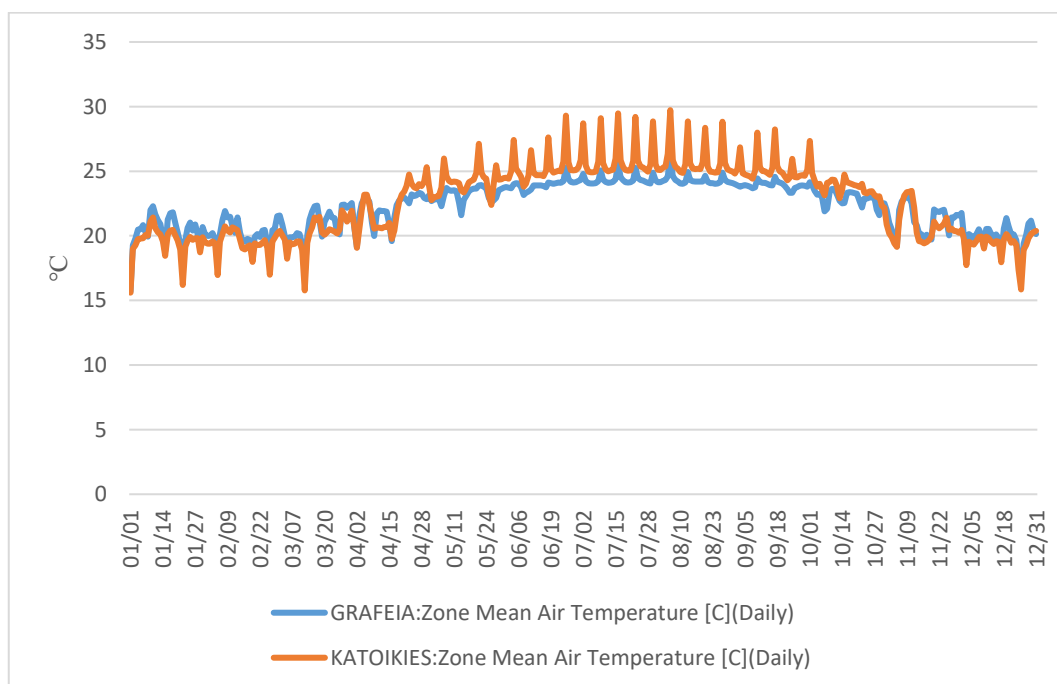


Εικόνα 7.28: Διάγραμμα μηνιαίων καταναλώσεων ηλεκτρισμού και φυσικού αερίου (ιδία επεξεργασία)



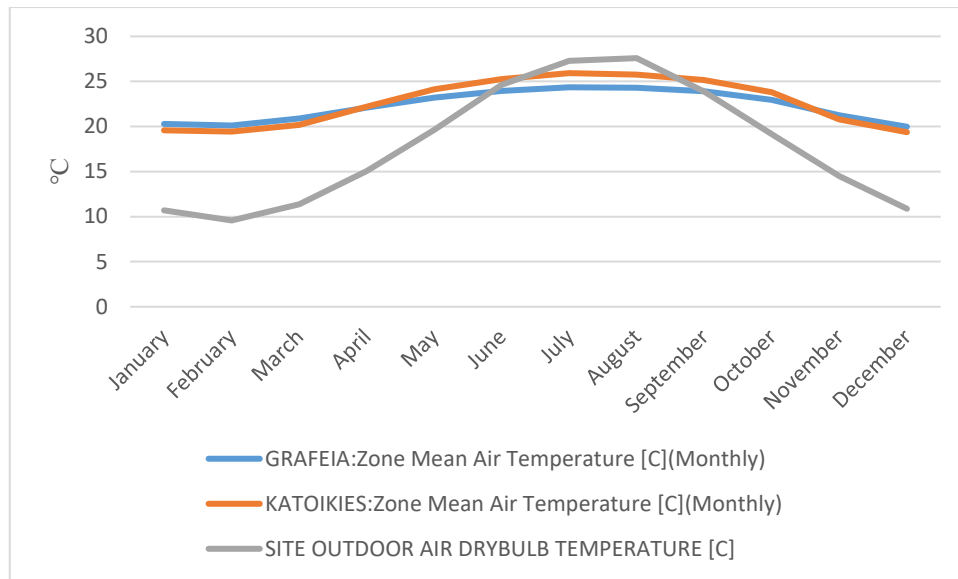
Εικόνα 7.29: Διάγραμμα μηνιαίων εκπομπών CO<sub>2</sub> για ολόκληρο το κτίριο (ιδία επεξεργασία)

Παράλληλα δίνεται η δυνατότητα υπολογισμού των μέσων ημερήσιων θερμοκρασιών για τις δύο θερμικές ζώνες, όπως φαίνεται στο επόμενο διάγραμμα:



Εικόνα 7.30: Μέσες ημερήσιες θερμοκρασίες (°C) στις δύο θερμικές ζώνες (ιδία επεξεργασία)

Επίσης μπορούν να εξαχθούν αποτελέσματα σχετικά με τις συνθήκες του εξωτερικού περιβάλλοντος, όπως η ταχύτητα του ανέμου, η ηλιακή ακτινοβολία και η θερμοκρασία του αέρα. Η τελευταία δίνεται στο επόμενο διάγραμμα μαζί με τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες των δύο θερμικών ζωνών:



Εικόνα 7.31: Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες εξωτερικού αέρα και θερμικών ζωνών

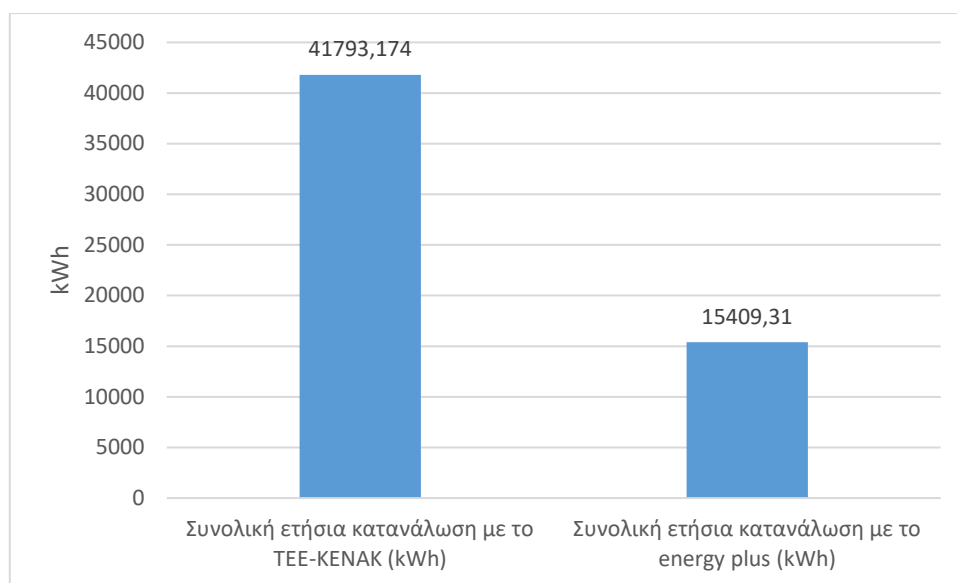
#### 7.4. Σύγκριση αποτελεσμάτων λογισμικού TEE K.Εν.Α.Κ. και αποτελεσμάτων energy plus

Στην συνέχεια θα επιχειρηθεί μια σύγκριση των αποτελεσμάτων της ενεργειακής προσομοίωσης που έγινε με το λογισμικό TEE K.Εν.Α.Κ. και της προσομοίωσης που έγινε με το λογισμικό energy plus. Θυμίζουμε ότι με το TEE K.Εν.Α.Κ. έγιναν δύο προσομοιώσεις (σύμφωνα με τα όσα ορίζει η σχετική οδηγία του TEE) αφού το μελετούμενο κτίριο έχει δύο διαφορετικές χρήσεις. Αντίθετα, με το πρόγραμμα energy plus κτίριο μελετήθηκε ενιαία. Επομένως, έχει γίνει άθροιση στα επιμέρους αποτελέσματα των δύο προσομοιώσεων του TEE K.Εν.Α.Κ. Η σύγκριση δεν έχει νόημα να γίνει με αναγωγή στα  $m^2$ . Το TEE K.Εν.Α.Κ. υπολογίζει  $kWh/m^2$  με βάση τα πραγματικά τετραγωνικά μέτρα που έχουν εισαχθεί στα εισαγωγικά στοιχεία. Το energy plus όμως υπολογίζει τα  $m^2$  με βάση τις επιφάνειες (δάπεδα) που θεωρούμε ότι παίζουν ρόλο στις συναλλαγές ενέργειας. Αυτό σημαίνει ότι τα πατώματα της κατοικίας (εκτός προφανώς του πρώτου) δεν έχουν εισαχθεί στο λογισμικό.

Έτσι λοιπόν, όσο αφορά τη συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας έχουμε:

Πίνακας 7.7: Συνολική ετήσια κατανάλωση ενέργειας ( $kWh$ ) για όλο το κτίριο με τα δύο προγράμματα

Συνολική ετήσια κατανάλωση με το TEE-KENAK ( $kWh$ )	43793,17
Συνολική ετήσια κατανάλωση με το energy plus ( $kWh$ )	15409,31

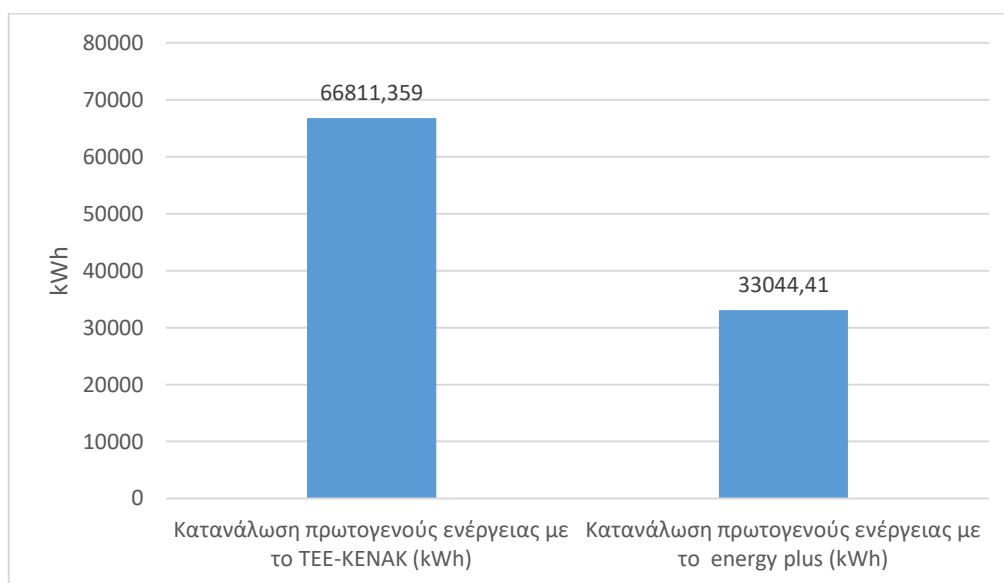


Εικόνα 7.32: Διάγραμμα συνολικής ετήσιας κατανάλωσης του κτιρίου με τα δύο προγράμματα (ιδία επεξεργασία)

Ενώ αντίστοιχα για την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας έχουμε:

Πίνακας 7.8: Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με τα δύο προγράμματα

Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με το TEE-KENAK (kWh)	66811,36
Κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας με το energy plus (kWh)	33044,41



Βλέπουμε ότι η διαφορά των δύο προγραμμάτων είναι μεγάλη. Το TEE K.Εν.Α.Κ. δίνει περίπου τρεις φορές μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας από το energy plus. Συγκεκριμένα 2,84 φορές μεγαλύτερη όσο αφορά την συνολική ενέργεια και 2,02 φορές όσο αφορά την συνολική πρωτογενή ενέργεια.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΕΠΕΜΒΑΣΗ ΣΤΟ ΚΕΛΥΦΟΣ ΤΟΥ ΚΤΙΡΙΟΥ ΜΕ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΟΙΧΩΝ TROMBE**

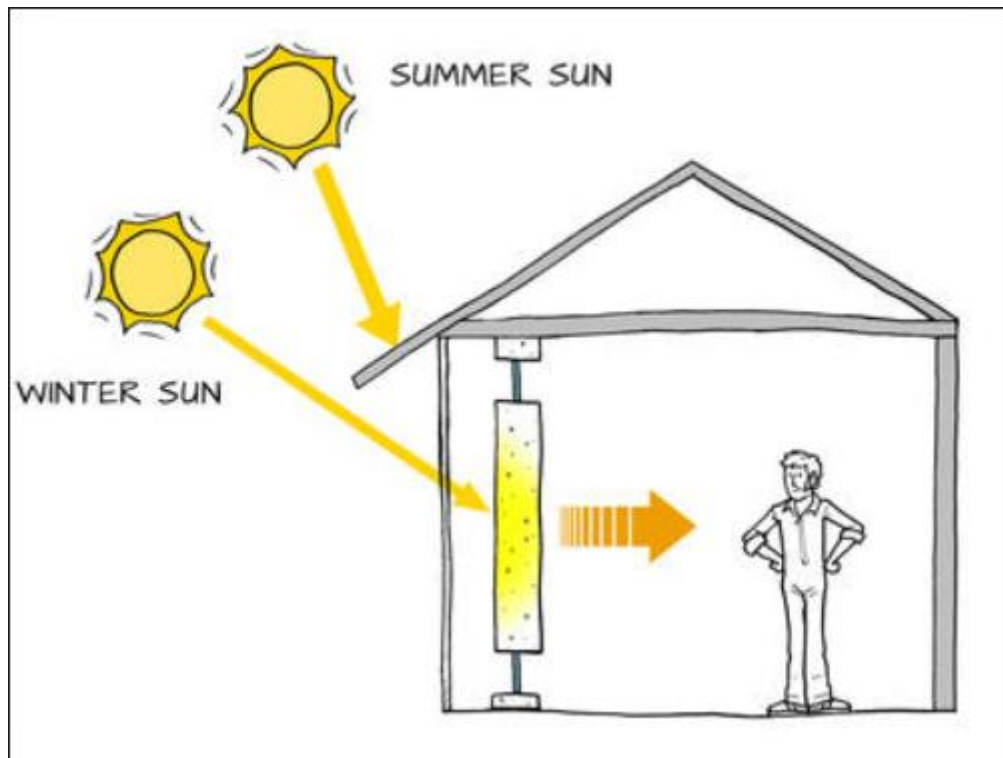
Στο παρόν κεφαλαίο εξετάζεται η επέμβαση στο κέλυφος του προς μελέτη κτιρίου με δημιουργία παθητικών ηλιακών συστημάτων και συγκεκριμένα τοίχων Trombe, με χρήση του προγράμματος energy plus. Ειδικότερα, γίνεται επέμβαση στο ισόγειο του κτιρίου δηλαδή στη θερμική ζώνη του γραφείου με δημιουργία τριών τοίχων Trombe με νοτιοανατολικό προσανατολισμό. Στη συνέχεια παρουσιάζονται κάποια γενικά στοιχεία για τους τοίχους Trombe και ύστερα παρουσιάζεται η επίδραση που έχει η επέμβαση αυτή στις ενεργειακές καταναλώσεις του κτιρίου.

### **8.1. Παθητικά ηλιακά συστήματα – Τοίχος Trombe**

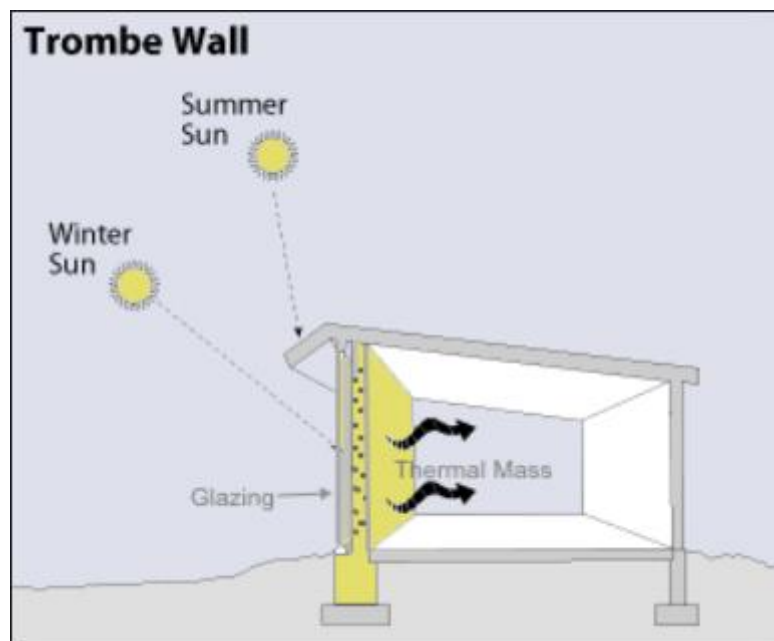
Τα παθητικά ηλιακά συστήματα θέρμανσης αποτελούν βασική συνιστώσα του βιοκλιματικού σχεδιασμού ενός κτιρίου αφού μπορούν να προσφέρουν σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας για θέρμανση. Μπορούν να είναι άμεσου κέρδους, όπου ένα νότια προσανατολισμένο άνοιγμα σύνδυάζεται με υλικά υψηλής θερμοχωρητικότητας (στο δάπεδο) για την απορρόφηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Μπορούν όμως να είναι και έμμεσου κέρδους, όπως οι ηλιακοί τοίχοι και οι τοίχοι Trombe. Σε αυτήν την περίπτωση έχουμε ένα νότια προσανατολισμένου υαλοστασίου στην εξωτερική πλευρά του κελύφους. Στην συνέχεια ακολουθεί διάκενο, ενώ εσωτερικά κατασκευάζεται τοίχος θερμικής αποθήκευσης (ΚΑΠΕ, 2008).

Πιο αναλυτικά, το σύστημα του τοίχου Trombe αποτελείται εσωτερικά από έναν τοίχο θερμικής αποθήκευσης μεγάλου πάχους (περίπου 150mm με 300mm) κατασκευασμένο από υλικά μεγάλης θερμοχωρητικότητας, όπως σκυρόδεμα, τούβλα και πέτρες. Η εξωτερική πλευρά του τοίχου βάφεται με σκούρο χρώμα ώστε να απορροφά όσο το δυνατόν περισσότερη θερμότητα, ενώ αντίθετα η εσωτερική πλευρά βάφεται με ανοιχτό χρώμα για υψηλό συντελεστή ακτινοβολίας. Ο εξωτερικός τοίχος του συστήματος περιλαμβάνει υαλοστάσιο, το οποίο ιδανικά μπορεί να καταλαμβάνει όλη την επιφάνεια του εξωτερικού τοίχου. Ο υαλοπίνακας μπορεί να είναι διπλός ή μονός με πολύ υψηλή εκπνευτικότητα. Μεταξύ του εσωτερικού και του εξωτερικού τοίχου υπάρχει διάκενο μεγέθους συνήθως 10mm με 150mm. Για το βόρειο ημισφαίριο ο ιδανικός προσανατολισμός είναι προφανώς ο νότιος (με μέγιστη απόκλιση 30°), ενώ τέλος μια σκίαση από προεξοχή είναι απαραίτητη ώστε να περιορίζεται η

υπερθέρμανση τους θερινούς μήνες όταν ο ήλιος βρίσκεται ψηλά στον ουρανό (<https://bigladdersoftware.com/>).



Εικόνα 8.1: Τοίχος Trombe με θυρίδες εξαερισμού και σκίαση (<https://knowledge.autodesk.com/>)



Εικόνα 8.2: Τοίχος Trombe χωρίς θυρίδες εξαερισμού (<https://blog.twinsprings.com>)

## 8.2. Επέμβαση με τοίχους Trombe στο γραφείο

Γίνεται επέμβαση στο κέλυφος του κτιρίου με εισαγωγή τριών τοίχων Trombe στην νοτιοανατολική πλευρά του γραφείου. Σημειώνεται ότι η νότια πλευρά η οποία

ενδείκνυται για μια τέτοια μετατροπή βρίσκεται σε επαφή με όμορο κτίσμα. Έτσι, γίνεται εισαγωγή στην νοτιοανατολική πλευρά τριών τοίχων συνολικής επιφάνειας  $13,46\text{m}^2$ . Οι εσωτερικοί τοίχοι αποτελούνται από τις εξής στρώσεις υλικών (από την εξωτερική πλευρά προς την εσωτερική): ηλιοαπορροφητικό υλικό, σκυρόδεμα, τούβλο, επίχρισμα. Το πάχος του τοίχου είναι  $166\text{mm}$ . Ομοίως, οι εξωτερικοί τοίχοι αποτελούνται από τις ίδιες στρώσεις υλικών με το ηλιοαπορροφητικό υλικό να βρίσκεται στην εσωτερική του πλευρά και το επίχρισμα στην εξωτερική του. Στους εξωτερικούς τοίχους τοποθετούνται διπλοί υαλοπίνακες συνολικής επιφάνειας  $11\text{m}^2$ , ενώ το διάκενο μεταξύ των δύο τοίχων ορίζεται στα  $100\text{mm}$ .

Εκτελώντας την προσομοίωση το πρόγραμμα μας δίνει τα ακόλουθα αποτελέσματα αναφορικά με τη συνολική ετήσια ενέργεια που καταναλώνεται και την συνολική πρωτογενή ενέργεια.

Πίνακας 8.1: Συνολική ετήσια ενέργεια για το υπάρχον κτίριο και την περίπτωση επέμβασης με τοίχους Trombe

Total Site Energy	Υπάρχον κτίριο	Επέμβαση με τοίχους Trombe
Total Energy [kWh]	15409,31	15294,18
Energy Per Total Building Area [kWh/m <sup>2</sup> ]	93,26	92,56

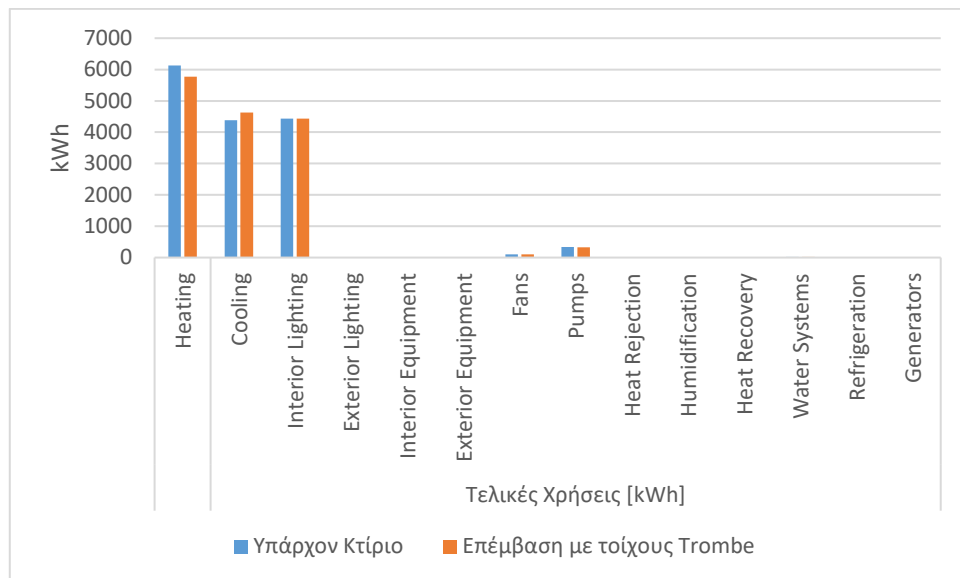
Πίνακας 8.2: Πρωτογενής ενέργεια για το υπάρχον κτίριο και την περίπτωση επέμβασης με τοίχους Trombe

Total Source Energy	Υπάρχον κτίριο	Επέμβαση με τοίχους Trombe
Total Energy [kWh]	33044,41	33383,89
Energy Per Total Building Area [kWh/m <sup>2</sup> ]	199,98	202,04

Παρατηρούμε ότι η επέμβαση στο κέλυφος του κτιρίου με τοίχους Trombe οδηγεί σε μείωση της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας κατά  $115,13\text{ kWh}$  ετησίως ( $0,7\text{ kWh/m}^2$ ). Αντίθετα η συνολική πρωτογενής πρωτογενής ενέργεια αυξάνεται κατά  $339,48\text{ kWh}$  ετησίως ( $2,06\text{ kWh/m}^2$ ). Πιο αναλυτικά, η μεταβολή που προκαλείται στην κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση φαίνεται στον επόμενο πίνακα και στο επόμενο διάγραμμα.

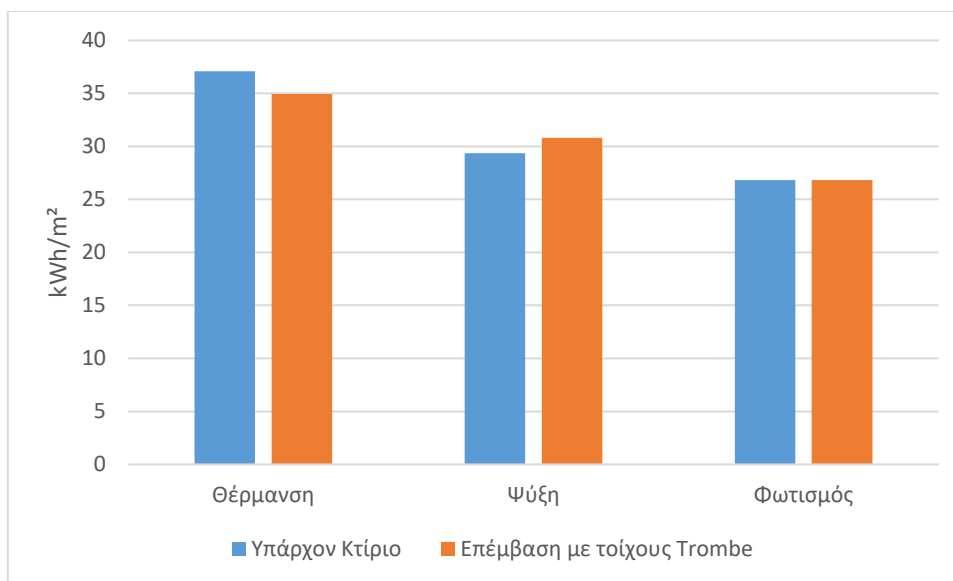
Πίνακας 8.3: Κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση για τις δύο περιπτώσεις

Τελικές Χρήσεις [kWh]	Υπάρχον Κτίριο	Επέμβαση με τοίχους Trombe
Heating	6127,68	5773,28
Cooling	4384,5	4631,41
Interior Lighting	4432,47	4432,47
Exterior Lighting	0	0
Interior Equipment	0	0
Exterior Equipment	0	0
Fans	103,92	107,18
Pumps	335,68	324,78
Heat Rejection	0	0
Humidification	0	0
Heat Recovery	0	0
Water Systems	25,06	25,06
Refrigeration	0	0
Generators	0	0
Total End Uses	15409,31	15294,18

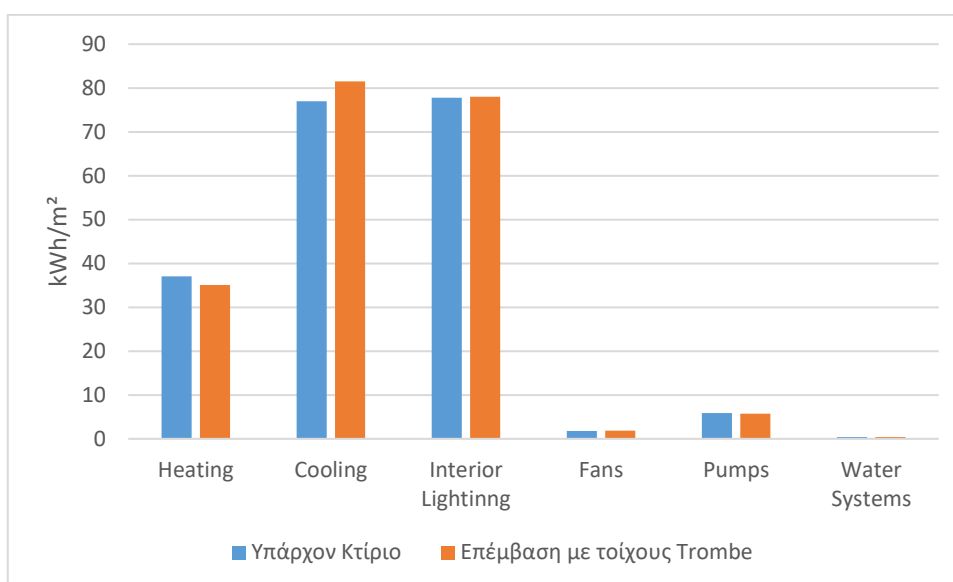


Εικόνα 8.3: Κατανάλωση ενέργειας ανά τελική χρήση (ιδία επεξεργασία)

Παρατηρούμε μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας για θέρμανση κατά 354,4 kWh, αλλά αύξησή της για ψύξη κατά 246,91 kWh. Προφανώς, λόγω του μεγαλύτερου συντελεστή μετατροπής της ηλεκτρικής ενέργειας σε πρωτογενή, έχουμε αύξηση της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας παρά τη μείωση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Στη συνέχεια δίνονται τα διαγράμματα για την κατανάλωση ενέργειας και πρωτογενούς ενέργειας ανά τελική χρήση σε kWh/m<sup>2</sup>.



Εικόνα 8.4: Διάγραμμα κατανάλωσης ενέργειας ανά τελική χρήση (kWh/m²) (ίδια επεξεργασία)



Εικόνα 8.5: Πρωτογενής ενέργεια ανά τελική χρήση (kWh/m²) (ίδια επεξεργασία)

Όπως αναμενόταν, η ενεργειακή εξοικονόμηση από τη συγκεκριμένη προτεινόμενη επέμβαση είναι πολύ μικρή εξ αιτίας της μικρής επιφάνειας του κτιριακού κελύφους στην οποία έγινε η μετατροπή. Παρ' όλα αυτά ακόμα και έτσι φαίνεται η σημασία που μπορεί να έχει ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στην εξοικονόμηση ενέργειας μια σύγχρονης κατοικίας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η κατασκευή του υπό μελέτη κτιρίου ολοκληρώθηκε στα μέσα της προηγούμενης δεκαετίας. Πρόκειται επομένως για ένα σχετικά καινούργιο κτίριο. Παρ' όλα αυτά η ενεργειακή κατάταξή του δεν είναι ιδιαίτερα ικανοποιητική· ειδικά αυτή της κατοικίας.

Όσο αφορά το γραφείο, η ενεργειακή προσομοίωση με το λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ. το κατέταξε στην ενεργειακή κατηγορία Δ, με κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 333 kWh/m<sup>2</sup>. Συνεπώς η λήψη μέτρων για την ενεργειακή αναβάθμιση του γραφείου κρίθηκε επιβεβλημένη. Έτσι, εξετάστηκαν τρία σενάρια επεμβάσεων (αλλαγή συστήματος φωτισμού, αντικατάσταση κουφωμάτων, Φ/Β σύστημα) και ένας συνδυασμός αυτών (αντικατάσταση συστήματος φωτισμού και Φ/Β σύστημα). Από αυτά, το τέταρτο σενάριο που συνδυάζει την αντικατάσταση του συστήματος φωτισμού με την εισαγωγή Φ/Β συστήματος οδήγησε στη μεγαλύτερη εξοικονόμηση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας (48,3 %) και κατέταξε το γραφείο στην ενεργειακή κατηγορία Β. Το τρίτο σενάριο που αφορά την εισαγωγή Φ/Β συστήματος οδήγησε σε εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας κατά 38,5 % κατατάσσοντας το γραφείο στην κατηγορία Β. Η αντικατάσταση του συστήματος φωτισμού (σενάριο 1) είχε ως αποτέλεσμα την μείωση της συνολικής πρωτογενούς ενέργειας κατά 10,3 % κατατάσσοντας το γραφείο στην κατηγορία Δ. Τέλος, η αντικατάσταση κουφωμάτων (σενάριο 2) είχε ως αποτέλεσμα μια μείωση στην κατανάλωση της πρωτογενούς ενέργειας κατά 4,5 %.

Σε ό,τι αφορά τους χρόνους αποπληρωμής των προτεινόμενων επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας, πρέπει να σημειωθεί ότι καμιά επέμβαση δεν κρίνεται ικανοποιητική από αυτή την άποψη.

Όσο αφορά την οικονομική ανάλυση του λογισμικού μπορούν να γίνουν κάποια σχόλια. Θα ήταν πολύ καλύτερη αν ο χρήστης είχε τη δυνατότητα να καθορίζει τα λειτουργικά κόστη όπως τις τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος και των καυσίμων. Επίσης θα μπορούσε να δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη να καθορίζει τις παραμέτρους των επενδύσεων, όπως το επιτόκιο ή η διάρκεια ζωής της επένδυσης. Επομένως, βλέπουμε ότι το λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ. προσανατολίζεται κατά κύριο λόγο στην ανάλυση της ενεργειακής αποδοτικότητας των κτιρίων. Γι αυτό και στην παρούσα διπλωματική εργασία δόθηκε έμφαση στην βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης του μελετούμενου κτιρίου.

Σχετικά με την κατοικία, η ενεργειακή προσομοίωση με το λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ. την κατέταξε στην ενεργειακή κατηγορία Ε με συνολική κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας 206,7 kWh/m<sup>2</sup>. Στην συνέχεια εξετάστηκε η περίπτωση πέντε επεμβάσεων εξοικονόμησης ενέργειας. Το πρώτο αφορά αντικατάσταση κουφωμάτων, το δεύτερο αφορά έναν συνδυασμό των σεναρίων 1 και εισαγωγής Φ/Β συστήματος. Στο τρίτο σενάριο γίνεται επέμβαση με θερμικό ηλιακό σύστημα για παραγωγή ZNX και υποβοήθηση θέρμανσης. Στο τέταρτο σενάριο γίνεται συνδυασμός των σεναρίων 1 και 3. Τέλος, στο πέμπτο σενάριο συνδυάζονται το Φ/Β σύστημα του σεναρίου 2 με το θερμικό ηλιακό σύστημα του σεναρίου 3.

Αποδοτικότερο ενεργειακά αποδεικνύεται το σενάριο 5. Οδηγεί σε εξοικονόμηση πρωτογενούς ενέργειας κατά 51,7% και κατατάσσει την κατοικία στην ενεργειακή κατηγορία Β. Ακολουθεί το σενάριο 4 με μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας κατά 45,7% κατατάσσοντας την κατοικία στην κατηγορία Γ. Το σενάριο 2 κατατάσσει την κατοικία στην κατηγορία Γ με μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας κατά 36,5%, όπως και το σενάριο 3 με μείωση κατά 33,4%. Τέλος, το σενάριο 1 καταφέρνει να αναβαθμίσει ενεργειακά την κατοικία μόνο κατά μία κατηγορία. Αποδοτικότερη οικονομικά περίπτωση, είναι αυτή του σεναρίου 3 που αφορά την εισαγωγή θερμικού ηλιακού συστήματος. Ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης υπολογίζεται από το λογισμικό στα 6,5 χρόνια.

Βλέπουμε επομένως, ότι τόσο για την περίπτωση του γραφείου όσο και για την κατοικία οι αποδοτικότερες ενεργειακά επεμβάσεις είναι αυτές που εμπλέκουν ΑΠΕ. Επιβεβαιώνεται έτσι η σημασία που έχουν οι ΑΠΕ για την ενεργειακή εξοικονόμηση τόσο των νέων όσο και των υφιστάμενων κτιρίων.

Κλείνοντας τα όσα αφορούν το λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ. ας αναφέρουμε ότι για την συλλογή των απαραίτητων δεδομένων για την μελέτη έγινε αυτοψία στο κτίριο όπου καταγράφηκαν στοιχεία για τον Η/Μ εξοπλισμό του. Όσοτοσο συναντήθηκαν δυσκολίες στη συλλογή στοιχείων για το σύστημα θέρμανσης, αφού δεν υπήρχε φύλλο ανάλυσης καυσαερίων για τον προσδιορισμό της πραγματικής ισχύος του λέβητα. Έτσι, ο προσδιορισμός της πραγματικής ισχύος έγινε κατόπιν εκτίμησης.

Στη συνέχεια της παρούσας διπλωματικής εξετάστηκε η επίδραση που έχει στην ενεργειακή κατανάλωση του κτιρίου η επέμβαση με τοίχους Trombe. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα energy plus, αφού το λογισμικό TEE-K.Εν.Α.Κ. δεν προσφέρει ακόμα τη δυνατότητα πραγματοποίησης υπολογισμών με παθητικά ηλιακά συστήματα έμμεσου κέρδους. Έτσι, επιλέχτηκε η εισαγωγή τριών τοίχων

Trombe στη νοτιοανατολική πλευρά του γραφείου. Το κτίριο παρουσίασε μια μικρή μείωση της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας κατά 115,13 kWh (0,7 kWh/m<sup>2</sup>), ενώ η κατανάλωση της πρωτογενούς ενέργειας αυξήθηκε κατά 339,48 kWh (2,06 kWh/m<sup>2</sup> ετησίως). Προφανώς, η ενεργειακή εξοικονόμηση από τη συγκεκριμένη προτεινόμενη επέμβαση είναι πολύ μικρή. Αυτό συμβαίνει εξ αιτίας της μικρής επιφάνειας του κτιριακού κελύφους στην οποία έγινε η μετατροπή σε σχέση με τον συνολικό όγκο του κτιρίου. Επίσης, οι τοίχοι τοποθετήθηκαν με απόκλιση περίπου 45° από τον νότο, ενώ η μέγιστη απόκλιση που συνίσταται είναι 30°. Παρ' όλα αυτά ακόμα και έτσι φαίνεται η σημασία που μπορεί να έχει ο βιοκλιματικός σχεδιασμός στην εξοικονόμηση ενέργειας μια σύγχρονης κατοικίας.

Γενικά, πρόκειται για ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο λογισμικό που προσφέρει ένα πλήθος επιλογών στην εισαγωγή στοιχείων του μελετούμενου κτιρίου. Σε αντίθεση με το λογισμικό TEE – Κ.Εν.Α.Κ. όπου η διαδικασία εισαγωγής των δεδομένων είναι απλοποιημένη, στο energy plus ο χρήστης καλείται να διαμορφώσει όλες τις παραμέτρους της προσομοίωσης όπως τα χρονοδιαγράμματα λειτουργίας θερμικών ζωνών και του Η/Μ εξοπλισμού, τους θερμοστάτες των συστημάτων θέρμανσης και κλιματισμού, τα δίκτυα σωληνώσεων κλπ. Έτσι συναντήθηκαν ιδιαίτερες δυσκολίες κατά την χρήση του, τόσο κατά την εισαγωγή των επιφανείων του κτιριακού κελύφους όσο και κατά την προσπάθεια μοντελοποίησης των συστημάτων του κτιρίου.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γρόντας, Ν. (2016). *Σύγκριση και αξιολόγηση παθητικών μοντέλων τοίχου Trombe με χρήση του λογισμικού Energy Plus*. Αθήνα: Διπλωματική εργασία της σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π.
2. Κακάτσιος, Ξ. (2006). *Αρχές μεταφοράς θερμότητας και μάζας*. Αθήνα: Εκδόσεις Συμμεών
3. Κανονισμός Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων. (2017, 12 Ιουλίου). *Εφημερίδα της κυβερνήσεως της ελληνικής δημοκρατίας, αριθμός τεύχους 2*.
4. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας. *Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας σε Οικιστικά σύνολα*. Αθήνα
5. Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (2008). *Τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας σε κτίρια*. Αθήνα
6. Κόρμπα, Α. (2012). *Τεχνική αξιολόγηση επεμβάσεων ενεργειακής εξοικονόμησης σε διώροφη πολυκατοικία με χρήση του λογισμικού T.E.E.- K.En.A.K*. Αθήνα: Μεταπτυχιακή εργασία του Δ.Π.Μ.Σ. Συστήματα διαχείρισης ενέργειας και προστασίας του περιβάλλοντος ΠΑ.ΠΕΙ.
7. Οδηγία 2002/91/EK. (2003, 4 Ιανουαρίου). *Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων*
8. Παπαδάκη, Μ. & Παπασηφάκη Α. (2014). *Προσομοίωση και αναβάθμιση ενεργειακής συμπεριφοράς ξενοδοχειακής μονάδας στο λογισμικό Energy Plus και υπολογισμός ανθρακικού αποτυπώματος της μέσω του CO<sub>2</sub> Footprint Calculator*. Αθήνα: Διπλωματική εργασία της σχολής Πολιτικών Μηχανικών Ε.Μ.Π.
9. Στέγγου, Α. & Σαγιά Ζ. (2015). *Μετάδοση Θερμότητας*. Αθήνα: Εκδόσεις Ε.Μ.Π.
10. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (2010). *T.O.T.E.E. 20701-3/2010 (γ' έκδοση): Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών*. Αθήνα
11. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (2011a). *Θεματική ενότητα: ΔΕΙ εισαγωγή στον τομέα της ενέργειας (α' έκδοση)*. Αθήνα
12. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (2011b). *Θεματική ενότητα: ΔΚΙ Θεσμικό πλαίσιο – μεθοδολογία ενεργειακής απόδοσης κτηρίων*. Αθήνα

13. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (2017a). *T.O.T.E.E. 20701-1/2017: Αναλυτικές εθνικές προδιαγραφές παραμέτρων για τον υπολογισμό της ενεργειακής απόδοσης κτηρίων και την έκδοση του πιστοποιητικού ενεργειακής απόδοσης*. Αθήνα
14. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (2017b). *T.O.T.E.E. 20701-2/2017: Θερμοφυσικές ιδιότητες δομικών υλικών και έλεγχος της θερμομονωτικής επάρκειας των κτηρίων*. Αθήνα
15. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (2017). *T.O.T.E.E. 20701-4/2017: Οδηγίες και έντυπα εκθέσεων ενεργειακών επιθεωρήσεων κτιρίων, συστημάτων θέρμανσης και συστημάτων κλιματισμού*. Αθήνα
16. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας (2017). *T.O.T.E.E. 20701-5/2017: Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού, Θερμότητας και Ψύξης: Εγκαταστάσεις σε Κτήρια*. Αθήνα
17. Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (2011). *Ενεργειακή Επιθεώρηση Κτιρίων*. Αθήνα

#### *Ιστοσελίδες*

1. <https://www.agelopoulos.gr/> (τελευταία πρόσβαση 30/4/2018)
2. <https://bigladdersoftware.com/> (τελευταία πρόσβαση 10/6/2018)
3. <http://www.cres.gr/cres/index.html> (τελευταία πρόσβαση 1/6/2018)
4. <https://www.oleng.eu/> (τελευταία πρόσβαση 2/5/2018)
5. <https://www.pvtech.gr/> (τελευταία πρόσβαση 2/5/2018)
6. <http://www.statistics.gr/> (τελευταία πρόσβαση 10/6/2018)
7. <http://www.ypeka.gr/> (τελευταία πρόσβαση 15/6/2018)